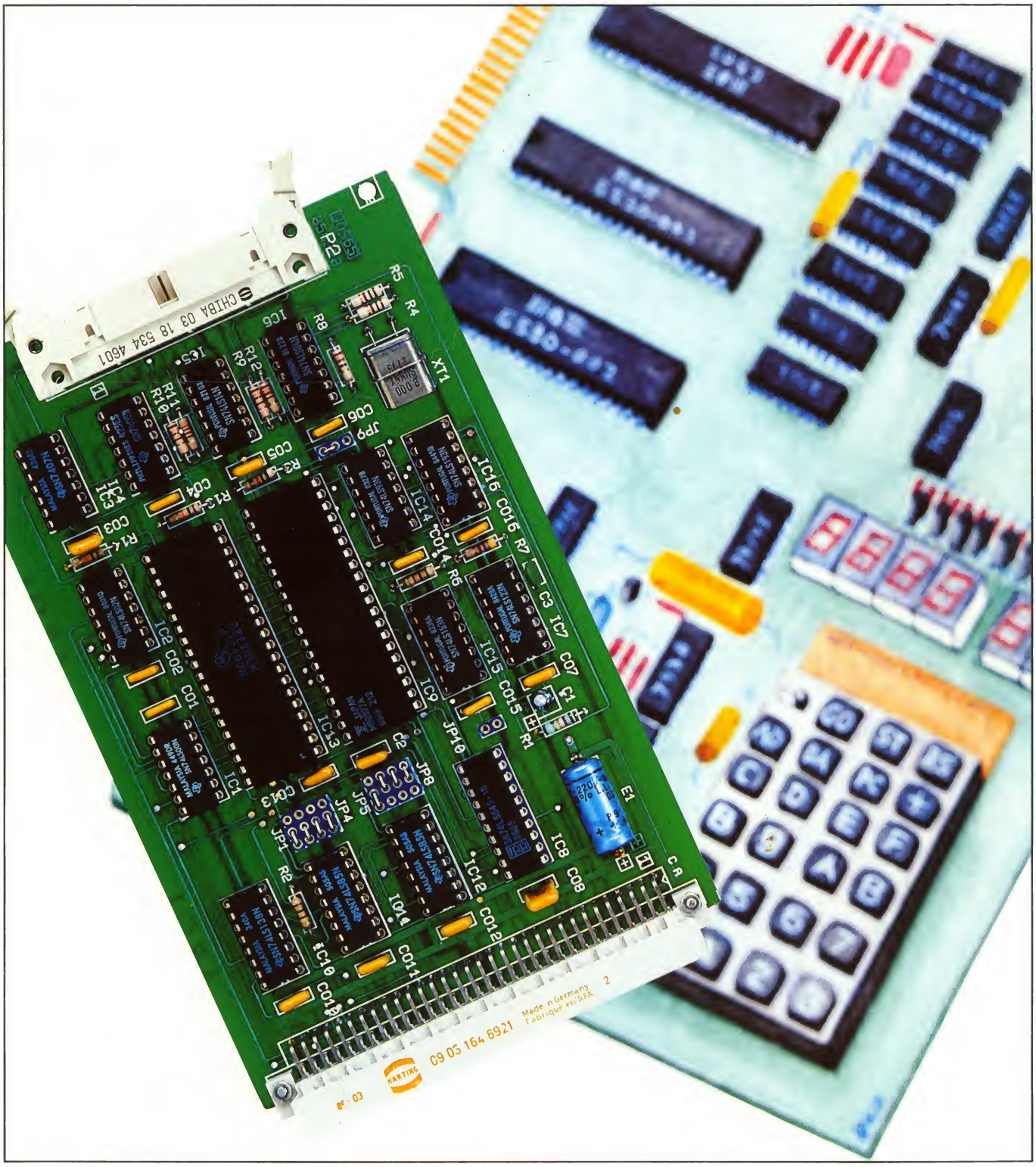
DE µP KENNER

61

Dertiende jaargang nr.2 april 1989



INFORMATIE.

De uP Kenner (De microprocessor Kenner) is een uitgave van de KIM gebruikersclub Nederland. Deze vereniging is volledig onafhankelijk, is statutair opgericht op 22 juni 1978 en ingeschreven bij de Kamer van Koophandel en Fabrieken voor Hollands Noorderkwartier te Alkmaar, onder nummer 634305.

De doelstellingen van de vereniging zijn sinds 1 januari 1989 als volgt geformuleerd:

- Het vergaren en verspreiden van kennis over componenten van microcomputers, de microcomputers zelf en de bijbehorende systeemsoftware.

- Het stimuleren en ondersteunen van het gebruik van microcomputers in de meer technische toepassingen.

Om deze doelstellingen zo goed mogelijk in te vullen, wordt onder andere 6 maal per jaar de uP Kenner uitgegeven. Verder worden er door het bestuur per jaar 5 landelijke bijeenkomsten georganiseerd, beheert het bestuur een Bulletin Board en wordt er een software-bibliotheek en een technisch forum voor de diverse systemen in stand gehouden.

Landelijke bijeenkomsten:

Deze worden gehouden op bij voorkeur de derde zaterdag van de maanden januari, maart, mei, september en november. De exacte plaats en datum worden steeds in de uP Kenner bekend gemaakt in de rubriek Uitnodiging.

Bulletin Board:

Voor het uitwisselen van mededelingen, het stellen en beantwoorden van vragen en de verspreiding van software wordt er door de vereniging een Bulletin Board beschikbaar gesteld.

Het telefoonnummer is: 053-303902.

Software Bibliotheek en Technisch Forum:

Voor het beheer van de Software Bibliotheek en technische ondersteuning streeft het bestuur ernaar zgn. systeemcoördinators te benoemen. Van tijd tot tijd zal in de uP Kenner een overzicht gepubliceerd worden. Dit overzicht staat ook op het Bulletin Board.

Het Bestuur:

Het bestuur van de vereniging wordt gevormd door een dagelijks bestuur bestaande uit een voorzitter, een secretaris en een penningmeester en een viertal gewone leden.

Voorzitter:
Rinus Vleesch Dubois
Emiliano Zapataplein 2
2033 CB HAARLEM
Telefoon 023-330993

Secretaris:
Gert Klein
Diedenweg 119
6706 CM WAGENINGEN
Telefoon 08370-23646

Penningmeester:
Jacques H. Banser
Haaksbergerstraat 199
7513 EM ENSCHEDE
Telefoon 053-324137

Leden:

Jan D.J. Derksen
Ed Verkadestraat 9-1
7558 TH HENGELO
Telefoon 074-770970

Adri Hankel
Willem Kloosstraat 32
7606 BB ALMELO
Telefoon 05490-51151

Gert van Opbroek (Redactie uP Kenner)
Bateweg 60
2481 AN WOUBRUGGE
Telefoon 01729-8636

Nico de Vries
Mari Andriessenrade 49
2907 MA CAPELLE A/D IJSSEL
Telefoon 010-4517154

Ereleden:

Naast het bestuur zijn er een aantal ereleden, die zich in het verleden bijzonder verdienstelijk voor de club hebben gemaakt:

Erevoorzitter:

Siep de Vries

Ereleden:

Mevr. H. de Vries van der Winden
Anton Mueller

De uP Kenner:
De uP Kenner is het huisorgaan van de KIM Gebruikersclub Nederland en wordt bij verschijnen gratis toegezonden aan alle leden van deze club.

Verschijningsdata:
De uP Kenner verschijnt op de derde zaterdag van de maanden februari, april, juni, augustus, oktober en december.

Kopij:
Kopij voor het blad dient bij voorkeur van de leden afkomstig te zijn. Deze kopij kan op papier of in machine-leesbare vorm opgestuurd worden aan het redactieadres. De redactie beslist, op basis van bruikbaarheid, publicatiewaarde en actualiteit of en zo ja, wanneer een ingezonden artikel geplaatst wordt.
Geplaatste artikelen blijven het geestelijk eigendom van de auteur en mogen niet zonders diens toestemming door derden gepubliceerd worden.
Helaas kan de redactie noch het bestuur enige aansprakelijk aanvaarden voor de toepassing(en) van de geplaatste kopij.

Redactie.
De redactie wordt gevormd door:
Gert van Opbroek

Correspondenten:
Bram de Bruine
Antoine Megens
Nico de Vries
Rinus Vleesch Dubois

Redactieadres:
Gert van Opbroek
Bateweg 60
2481 AN Woubrugge

Druk:
ACI Offsetdrukkerij B.V.
Langsom 10-16
1066 EW Amsterdam

INHOUDSOPGAVE

Redactioneel.

Op het moment waarop ik dit schrijf, zit u misschien al uit te kijken naar de uP Kenner. Ik ben dus weer eens wat aan de late kant met het inleveren van het blad bij de drukker en zodoende krijgt u het blad ook iets later dan normaliter de bedoeling is. Over het algemeen komt het blad de derde zaterdag van de even maanden uit. Dat betekent dat het blad in de loop van de week volgend op deze zaterdag (meestal de donderdag) bij u in de bus ligt. Deze keer zal dat niet lukken en zal het blad waarschijnlijk een week te laat bij u in de bus liggen. Ik verontschuldig mij daarvoor want uw redacteur heeft het in de afgelopen periode zeer druk gehad en als dan ook nog de eerste zaterdag van de maand op 1 april valt, dan wordt het allemaal erg kort dag.

Eerst iet over de vorige uitgave van het blad. Ik was zelf zeer tevreden over de vorm en de inhoud van het blad en met mij een aantal lezers. Ik heb van een aantal mensen te horen gekregen dat het blad er bijzonder goed uitzag en ook de inhoud bijzonder aansprak. Ik ben daar erg blij om, want zelf wil ik, als ik de kans krijg, graag bladen maken die de leden aanspreken. Ik maak de uP Kenner natuurlijk niet alleen. Ik wil de inzenders van kopij dan ook heel hartelijk danken voor hun bijdrage(n) en de complimenten hierbij doorgeven aan hun.

Wat mij overigens opviel, is dat ik steeds meer artikeltjes krijg in de vorm van een verhaaltje. Op deze manier krijgt het blad meer de vorm van een magazine en wordt veel afwisselender. Ik ben daar wel blij mee waarbij ik ook vindt dat er ruimte moet zijn voor programma´s. Ik denk dat een middenweg het beste is, enerzijds meer verhalende artikelen, anderzijds ook één of twee programma´s die voor anderen nuttig kunnen zijn of als voorbeeld voor meer algemene zaken kunnen dienen. Het nadeel van programma´s is echter wel dat ze relatief veel ruimte innemen. Hoe denkt u hier trouwens over? Wat zou u graag in het blad zien? Spreekt het blad u aan of juist niet, laat het mij eens weten, per brief, bulletin board of telefoon. Samen met u kan dan het blad misschien (nog) beter gemaakt worden.

Kopij kan ik natuurlijk altijd gebruiken. De volgende uitgave komt in de zomer en dat is voor computer-hobbyisten vaak een tijd dat ze liever buiten bezig zijn dan achter een toetsenbord kruipen. Eén van mijn correspondenten heeft geprobeerd buiten in de zon met de computer bezig te zijn, maar dat was ook geen succes; hij kon nauwelijks lezen wat er op zijn beeldscherm stond. Vanwege het feit dat er minder gehobbiet wordt, breekt er voor de redactie vaak de zogenaamde Komkommertijd aan met een gebrek aan kopij. Ik wil u dus vragen, mij zoveel kopij te sturen dat ik problemen heb met het uitzoeken wat ik niet in het blad moet plaatsen in plaats van slapeloze nachten te hebben over hoe ik het blad nu weer vol moet krijgen.

Een aantal mensen zullen mij wel op de bijeenkomst in Geldrop gemist hebben. Ik was wel van plan te komen, maar we hadden in ons huis een kleine verbouwing en dat vroeg zo veel energie dat ik de puf niet had naar Geldrop te rijden. Ik vindt dat erg jammer want ten eerste had ik graag de lezing bijgewoond en te tweede mag ik graag even met de aanwezigen keuvelen. Ik beloof u: Op de volgende bijeenkomst ben ik, ijs en weder dienende, wel van de partij, u toch ook? De volgende bijeenkomst vindt plaats in Almelo en ik heb begrepen dat er enkele zeer spectaculaire dingen op het programma staan. Twee van de bestuursleden (Rinus en Nico) houden gezamelijk een voordracht over de diverse grafische kaarten voor MS-DOS machines. Verder zullen ze met behulp van enkele machines wat grafische mogelijkheden laten zien. Ik heb begrepen dat er hoogresolutie kleurenbuizen en dergelijke meegesleept zullen worden naar Almelo. ´s Middags, tijdens het informele gedeelte, worden er demonstraties gegeven hoe met behulp van een PC printontwerpen gemaakt kunnen worden; kortom hoe bijvoorbeeld de EPROM-Programmer tot stand gekomen is. Al met al zeer interessant dus.

Tenslotte nog iets over de inhoud van het blad. In dit nummer staat de volgende aflevering van de rubrieken getallen, computers, PC´s en de assemblercursus. Een verhaal over communicatie staat er dit keer niet in, Bram de Bruine is wel bezig met een volgende aflevering maar heeft iets meer tijd nodig. Verder staat er een tracer-programma voor DOS-65 in en nog wat andere zaken. Ik hoop dat u veel plezier aan het blad beleeft en wens u verder veel genoegen aan uw hobby.

Gert van Opbroek

Uitnodiging voor de clubbijeenkomst

Datum: Zaterdag 20 mei 1989
Locatie: Wijkcentrum ´t Veurbook
Jan Tooropstraat 27
7606 Almelo
Tel.: 05490 - 10353

Toegang: fl. 10,--

Routebeschrijving

Van uit het westen en het zuiden (A1/A35):
1. Aan het einde van de snelweg rechtsaf. Bij het eerstvolgende kruispunt MET VERKEERSLICHTEN linksaf, richting Wierden/Zwolle. Bij de eerstvolgende verkeerslichten rechtdoor. Bij de volgende verkeerslichten (links BP tankstation en Opel garage Kamp) gaat u rechtsaf.
2. U rijdt nu op de Windmolenbroeksweg. Doorrijden tot over de brug, dan de eerste straat rechts. Dit is de W. van Konijnenburgstraat. Na plm. 50 meter rechtsaf. Dit is de Tooropstraat. Met de bocht mee naar links. Na plm. 50 meter aan de rechterkant: ´t Veurbrook.
Van uit het noorden (via de N 36):
1. Bij de stoplichten rechtsaf, richting streekziekenhuis. U bevindt zich nu op de rondweg om Almelo. Deze weg blijven volgen tot u het BP tankstation ziet bij dit kruispunt linksaf. Zie verder punt 2.

Met openbaar vervoer:
Vanaf NS-station Almelo met de stadsbus naar de wijk Molenbroek. Uitstappen bij de halte Windmolenbroeksweg. Schuin tegenover de bushalte staat een wegwijzer, daarop staat ook ´t Veurbrook vermeld.

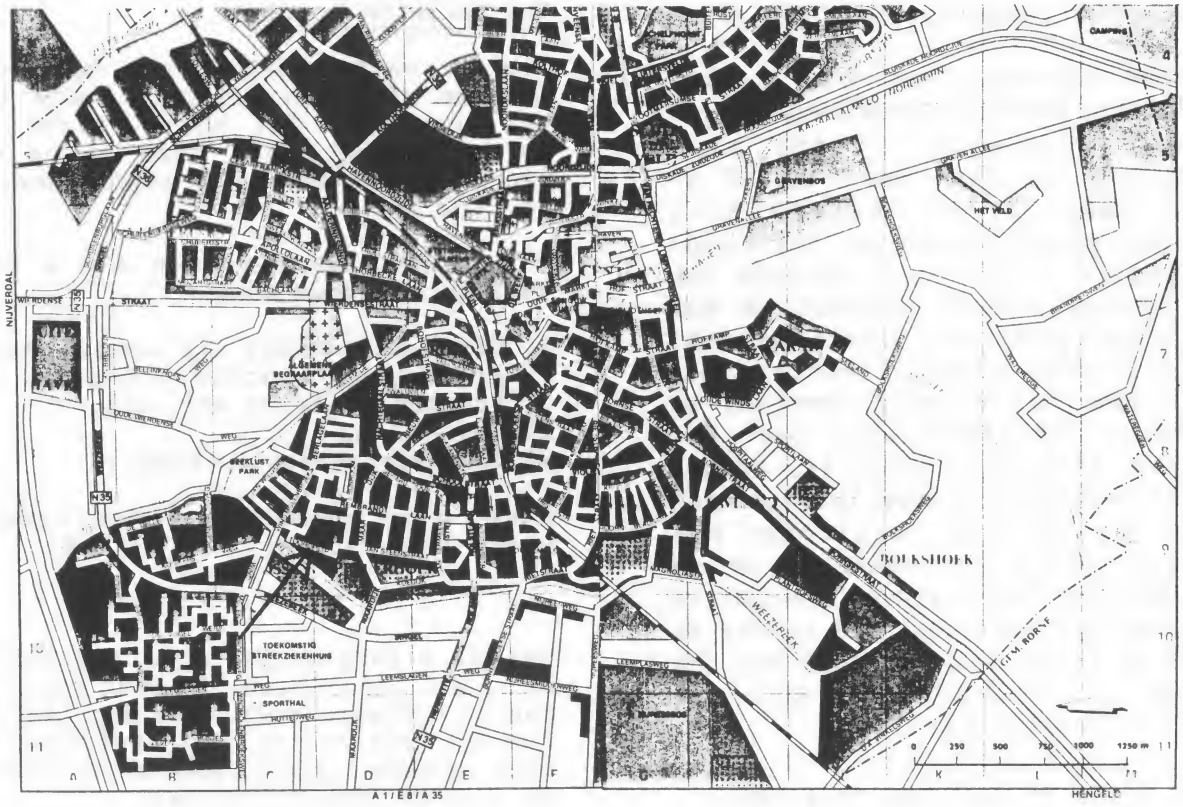
Programma:

9:30 Zaal open met koffie
10:15 Opening
10:30 Lezing door Rinus Vleesch Dubois en Nico de Vries over CGA, Hercules, EGA en VGA; kortom de grafische kaarten voor de PC´s en compatibles. Dit met demo´s op professionele apparatuur.
11:30 Forum en markt
12:30 Lunch, consumpties tegen betaling

Aansluitend het informele gedeelte met de mogelijkheid om andermans systemen te bewonderen en Public Domain software uit te wisselen. Als extra atractie ditmaal demonstraties printontwerp met behulp van de computer. U en uw systeem zijn van harte welkom.

17:00 Sluiting.

Het bestuur maakt u er nogmaals op attend dat het illegaal verspreiden van software ten strengste verboden is. Doe dat dus niet.



VAN DE VOORZITTER

Helaas heb ik de bijeenkomst te Geldrop door omstandigheden gemist.
Ik heb begrepen dat de opkomst mager was, maar de kwaliteit goed.
De komende bijeenkomst is zoals vermeld te Almelo. U doet het bestuur een groot genoegen door in groten getale de bijeenkomst te bezoeken opdat het onderwerp van die dag naar mijn mening zeer interessant is.

Het onderwerp van de bijeenkomst is het video gebeuren van de IBM machines en wel zo uitgebreid als mogelijk. Tevens ondersteunen wij dit onderwerp met professionele apparatuur die (onder voorbehoud van ...) ons ter beschikking wordt gesteld door "piep piep piep B.V."

Na de maand mei breekt de vakantie periode los en zal het bestuur tijdelijk op halve kracht functioneren en van een welverdiende vakantie genieten. Ik reken er wel op dat voor het zover is, u onze redaktie-man Gert van Opbroek zal overladen met interessante kopij zodat hij zonder al te veel inspanning de mp KENNER kan afleveren bij onze drukker en zelf ook met zijn familie kan genieten van een vakantie zonder zorgen over de kopij.

Tijdens het doornemen van oude notulen die betrekking hebben op bestuursvergaderingen, ontdekte ik tot mijn verbazing dat ik deze zomer twaalf en een half jaar in het bestuur zit, waarvan de laatste zeven en half jaar als voorzitter. Tijdens die periode heb ik vele mensen ontmoet waaraan ik met plezier terug denk. Nog steeds heb ik, zowel privé als zakelijk kontakt met vele clubleden uit de begin periode en wij verbazen ons steeds weer over het feit dat de club nog gezond is. Hoewel wij nu best wat meer nieuwe leden kunnen gebruiken die de club versterken met vooral die kennis die nodig is om de nieuw ingeslagen koers tot een succes te maken. Uiteraard gaat dat niet zonder de inzet van de leden zelf. Ik stel dan ook voor, neem op de bijeenkomst eens een kennis of vriend(in) mee.

Tot ziens op de bijeenkomst in Almelo.

DOS65, 40 track: een kopieertip.

Door: Nico de Vries

Laatst moest ik voor een DOS65 gebruiker die alleen 40 track drives in zijn systeem heeft, een floppy disk aanmaken. Mijn systeem heeft echter alleen 80 track drives.

Nu kun je een nieuwe schijf pakken, deze met dubbel-step formatteren en vervolgens de files kopieren en deze schijf dan naar de gegadigde sturen. In theorie werkt dat wel: maar Murphy zegt van niet. De 40 track drive die zo'n schijf gaat lezen, ziet maar een half spoor. Als de andere helft leeg is (dat zijn de oneven tracks op een 80 track drive), dan lukt het wel. Maar o wee als er andere data staat....

Toen kreeg ik een idee: Mijn AT-kloon heeft een (80-track) 1.2 Mbyte drive en een (40 track) 360 kbyte drive. Nu kan een PC geen DOS65 lezen, maar het programma COPYIIPC kopieert een willekeurige 360k disk zonder meer, zeker als het format ruikt naar een format dat door een controller geschreven is, en dat is zo bij DOS65 schijfjes. Dus: blanko disk in drive B: (360k) en de dubbelstep DOS65 disk in drive A: en getypt: COPYIIPC A: B:.

En ja hoor: het werkt vlekkeloos!

Het bulletin board.

Zoals u waarschijnlijk wel weet, wordt er door de club een bulletin board beschikbaar gesteld. Dit board (afgekort BBS) wordt bedient door onze Sysop Jacques Banser die bovendien de penningmeester van de club is.

U kunt het BBS bereiken als u beschikt over de volgende zaken:

1) Een computer met een communicatieprogramma; bijvoorbeeld Kermit, Astrid, Procomm of Telix etc. etc.
2) Een modem.
3) Een telefoonaansluiting.

Nadat u het communicatieprogramma opgestart hebt, zoekt u contact met:

053-303902

waarna u (hopelijk) conatact krijgt met het 6502 Info Board. U vindt daar berichten en software voor alle mogelijke systemen en kunt bovendien berichten sturen naar anderen, bijvoorbeeld de redactie of één van de andere auteurs.

Programeren in Assembler (deel 2)

Het tweede stapje

In deel 1 heb ik een optelroutine behandeld die een getal uit geheugenplaats GETAL2 (op $0201) optelde bij het getal uit geheugenplaats GETAL1 (op $0200) en dan het resultaat wegschreef in de geheugenplaats met de orginele naam RESULT (op $0202). Maar die geheugenplaatsen zijn allemaal slechts 8 bits breed dus dat betekent dat GETAL1 en GETAL2 tussen 0 en 255 kunnen liggen en om zulke kleine getallen op te tellen hebben we eigenlijk geen computer nodig. Ook zullen de bollebozen al wel gemerkt hebben dat bij bepaalde getallen het resultaat in RESULT niet meer klopt. Dat komt omdat ook RESULT maar 8 bits breed is en dan kan het volgende gebeuren:

Stel GETAL1 is 160 of $A0 en GETAL 2 is 170 of $AA. Vullen we deze getallen in op de bekende geheugenlocaties en starten we ons sublieme programma uit deel 1 dan zal bij het bekijken van RESULT met de MONITOR het volgende verbijsterende getal zich uit de diepste spelonken van het geheugen van je DOS65 systeem via de beeldbuis van je monitor een weg banen naar je netvlies om aldaar de volgende afdruk te maken (raheuh):

```
MON> @ 0202
0202 4A                  ; $4A = 74 (maar, maar...DAT IS NIET GOED!!)
```

Wordt het tijd om IBM te bellen? Moet de soldeerbout worden opgewarmd om een gigantische hardware fout te herstellen? Is uw processor doorgedraaid? Neen, driewerf neen, Ge kunt weer opgelucht adem halen. Alles laat zich eenvoudig verklaren door het feit dat de geheugenplaats RESULT slechts 8 bits breed is. De optelling GETAL1 + GETAL2 levert het getal 160 + 170 = 330 op, schrijven we dit hexadecimaal uit dan komen we op

```
330 =   ( 1 x 16^2 =  1 x 256) --> 330 - 256 = 74
      + ( 4 x 16^1 =  4 x  64) -->  74 -  64 = 10
      + (10 x 16^0 = 10 x   1) -->  10 -  10 =  0
        ------
         $14A
```

Zoals je ziet gaat dat omrekenen door herhaald aftrekken van de grootst mogelijke macht van 16 totdat het resultaat 0 is. $14A is 9 bits breed en past dus niet in ons 8 bits geheugen, we zien dat in ons programma de 1 is weggevallen. Maar hoe kan onze slaaf nu weten dat deze situatie zich heeft voorgedaan m.a.w. hoe kunnen we ons programma zo maken dat dit overlopen van ons 8 bits teiltje RESULT (Of zoals de Fransen zeggen ´overflow´) wordt gedetecteerd?
Daarvoor dient nu het ´Carry´ bit in het status register P, dit bit geeft bij een optelling aan of er zo´n overflow is geweest en bij aftrekken of er ´geleend´ moest worden (´borrow´ zoals de Fransen zeggen). Door dus na het optellen te testen of het ´C´ bitje ´1´ is kunnen we die ´overflow´ situatie detecteren en eventueel aangeven dat het resultaat niet betrouwbaar is bijv. door een foutmelding op het scherm. De gemakkelijkste manier om op de Carry te testen zijn de ´BCC´ (Branch Carry Clear) en ´BCS´ (Branch Carry Set) instructies. Het woord ´Branch´ betekent tak, vertakking, verder gaan in een andere richting. En dat is precies wat de processor doet bij deze instructies. Eerst wordt het carry-bit getest en afhankelijk van het resultaat wordt er wel of niet een sprong uitgevoerd m.a.w. het programma vertakt zich wel of niet. Het geheel laat zich goed beschrijven met de BASIC regels:

```
IF (CARRY = 0) THEN GOTO ..... (voor BCC)
IF (CARRY = 1) THEN GOTO ..... (voor BCS)
```

Stel nu dat de test waar is dan moet de processor dus een sprong uitvoeren en nu wil ie dat best maar hoe ver en waar naar toe? Nu heeft de chipboer daar een aardige oplossing voor bedacht, die informatie vindt den 6502 op de geheugenlocatie direct achter de instructie voor een branch. Daarbij wordt de grootte van de sprong aangegeven door de onderste 7 bits van het getal en de richting door het 8e bit. Die spronglengte (door de Fransen steevast 'offset' genoemd) is dus met een duur (Frans) woord een 8 bits signed (2's complement) number. Wat is nu de maximale sprong die onze 6502 kan uitvoeren, trouwens dit geldt voor iedere processor waarbij de offset is gegeven door een byte. Voor een positieve sprong geldt dat het 8e bit '0' is, het grootste getal wat we dus kunnen schrijven is:

```
76543210 <-- bitnummer
01111111 = $7F = 127
```

(Je ziet dat ik spreek over het 8e bit toch is het gewoonte om het le bit te benoemen met nummer 0 (zeg 'bit nul') en het 8e met nummer 7 (bit zeuven).) De grootste negatieve sprong is dan dus -128 met onze 8 bits offset. Omdat de 6502 werkt met de 2's complement methode (zie ook KENNER 58, deel 1 over getallen binnen de microprocessor van Gert van Opbroek) wordt dat dus:

```
76543210
10000000 = $80 = -128
```

Nu is dat uittellen van zo'n branch of relatieve jump (relatief omdat het berekende adres afhangt van de PC) een vak apart en eigenlijk heel vervelend. Maar gelukkig hoeven wij dat niet meer te doen want al heel snel hebben slimme jongens een programma geschreven dat die vervelende klusjes zoals opcodes opzoeken in de tabel, relatieve jumps uitrekenen e.d. voor ze opknapte. Ook bij de DOS65 is zo'n handig programma het heet AS en dat is zeer kort voor ASSEMBLER (het Franse woord voor samenvoegen, monteren). Het grootte voordeel van werken in assembler is dat je een geheugenplaats een naam kunt geven en de opcodes gewoon in tekst kunt uitschrijven, dus niet meer 8D 02 02 maar gewoon STA RESULT. Een tweede voordeel is dat je je programma's kunt documenteren omdat je gewoon in de EDITOR werkt en commentaar achter de instructies kunt zetten. Kortom je programma's zijn leesbaarder.

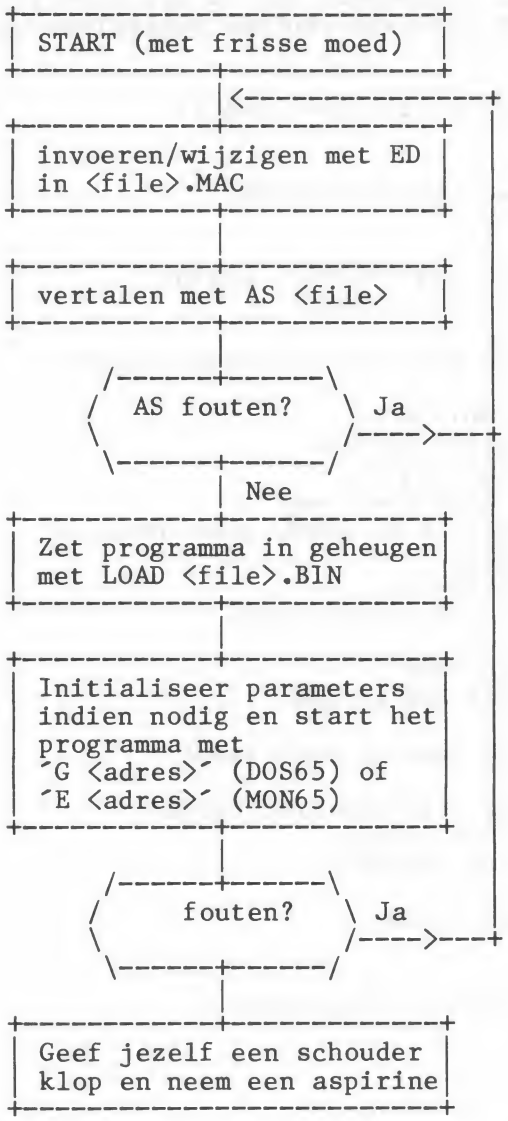
Programma ontwikkeling

We gaan ons programma uit deel 1 uitbreiden met een test op de overflow conditie en zetten daarbij het resultaat op het scherm met wel of geen foutmelding. Daarbij gebruiken we 2 routines uit DOS65 zelf t.w.

```
HEXOUT1 print Accu in hexadecimaal
PRINT1  print string after call until <null>
```

Beide routines zijn zeer eenvoudig te gebruiken en hebben als grote voordeel dat de waarde in de Accu niet wordt aangetast.
In de rest van dit verhaal neem ik aan dat je weet hoe je met de EDITOR moet werken en de syntax van AS (ongeveer) kent. Kijk het anders nog even na in de handleiding van beide utilities.

Het flowdiagram voor programma ontwikkeling met EDITOR en ASSEMBLER ziet er als volgt uit:



Het zal iedereen duidelijk zijn dat vooral die laatste conditie moeilijk te beoordelen is en de reden kan zijn voor lange nachtelijke sessies achter het toestenbord terwijl de radeloze programmeur er achter probeert te komen waarom zijn geesteskind maar niet wil doen wat hij dacht dat het zou moeten doen. Ik geloof trouwens niet dat ik overdrijf als ik beweer dat in de meeste programma´s die laatste conditie niet goed is beoordeeld en dat er dus nog fouten in het ´voltooide´ product zitten. De Fransen hebben een aardig woord voor dergelijke programmafouten: BUG (insect, luis).
[Er is een aardige geschiedenis aan de oorsprong van dat woord verbonden. In de allereerste computers werden honderden electronen buizen gebruikt en het geheel gaf dan ook aardig wat licht en warmte af. In de zomer zetten de operators dan ook meestal de ramen open omdat de airconditioners van die tijd onvoldoende capaciteit hadden om het vertrek op temperatuur te houden. Nu waren al die lichtjes voldoende om allerlei insecten naar dat wonderlijke schouwspel te lokken met als gevolg dat er nogal eens een kortsluiting optrad in de computer wanneer een insect zich te dicht bij de electronenbuizen had gewaagd. Je ziet dus dat een BUG in eerste instantie een hardware probleem van computers was.]

Het ADD_8 programma is echter BUG-free en getuigt van een genialiteit, sublimiteit en is van een zodanige pure schoonheid dat ik het schrijven van dit artikel even heb moeten onderbreken om mijn van emoties overgelopen gemoed weer enigzins tot rust te laten komen.....

Het programma in AS wordt (invoeren met ED in file ADD_8.MAC):

```
;
; File    : ADD_8.MAC
; Purpose : Add two 8 bit numbers and show result on screen
;           show warning in case of overflow.

HEXOUT1 EQU     $C038           ; vertel AS waar HEXOUT1 begint
PRINT1  EQU     $C03B           ; en hier begint PRINT1

        ORG     $1000           ; vertel AS waar het programma begint

ADD_8   LDA     GETAL1          ; haal GETAL1 in A
        CLC                     ; zet de Carry op nul
        ADC     GETAL2          ; tel GETAL2 bij A
        STA     RESULT          ; zet het resultaat weg
        BCC     OK              ; het resultaat is goed, geen overflow
        JSR     PRINT1          ; foutmelding
        FCC     13,'WARNING, OVERFLOW DETECTED',0
OK      JSR     PRINT1          ; begin op een nieuwe regel
        FCC     13,0
        JSR     HEXOUT1         ; toon resultaat
        RTS                     ; terug naar MON of DOS

        ORG     $0200           ; vertel AS waar de data staat

GETAL1  FCB     0               ; reserveer een byte voor GETAL1
GETAL2  FCB     0               ; en een voor GETAL2
RESULT  FCB     0               ; en een voor RESULT

        END     ADD_8           ; thats all folks!
```

Het ADD_8 programma kun je als volgt vertalen en uitproberen:

```
$ AS ADD_8
Pass 1...
Pass 2...
Last assembled address: 0202
Errors detected: 0
```

Als je andere resultaten krijgt heb je ergens een type fout gemaakt in de ADD_8.MAC file. Is het wel goed dan zie je dat er een file ADD_8.BIN is gemaakt door het AS programma. Deze file kun je in het geheugen laden met:

```
$ LOAD ADD_8.BIN
```

Als je niet precies weet waar het programma start of waar het eigenlijk terecht komt dan kun je het MAP commando gebruiken:

```
$ MAP ADD_8.BIN
1000-1034       ; eerste gedeelte (in dit geval programma)
0200-0202       ; tweede gedeelte (in dit geval data)
1000            ; start address
```

```
$ MON           ; ga in de MONITOR
MON65 2.06
HaViSoft
Rockwell 65C02
MON> D 1000     ; start de DISASSEMBLER
1000   AD 00 02          LDA  $0200
1003   18                CLC
1004   6D 01 02          ADC  $0201
1007   8D 02 02          STA  $0202
100A   90 20             BCC  $102C
100C   20 3B C0          JSR  $C03B
100F   0D 57 41          ORA  $4157
1012   52 4E             EOR  [$4E]
1014   49 4E             EOR  #$4E
1016   47 2C             RMB  #4,$2C
1018   20 4F 56          JSR  $564F
101B   45 52             EOR  $52
101D   46 4C             LSR  $4C
101F   4F 57 20          BBR  #4,$57,$1042
1022   44                ???
1023   45 54             EOR  $54
1025   45 43             EOR  $43
1027   54                ???
1028   45 44             EOR  $44
102A   0D 00 20          ORA  $2000
```

Je herkent in de eerste vier instructies het programma uit deel 1 maar daarna begint het af te wijken. We zien trouwens dat de DISASSEMBLER zich behoorlijk verslikt op het stukje tekst dat we hebben ingevoerd. Een HEXDUMP wil in zo´n geval meestal wel opheldering geven:

```
MON> H 1000,1020

        0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
1000 : AD 00 02 18 6D 01 02 8D 02 02 90 20 20 3B C0 0D  .................
1010 : 57 41 52 4E 49 4E 47 2C 20 4F 56 45 52 46 4C 4F  WARNING, OVERFLO
1020 : 57 20 44 45 54 45 43 54 45 44 0D 00 20 3B C0 0D  W DETECTED......
```

Nu is snel duidelijk waarom het disassembleren zulke wilde resultaten gaf. Maar goed, we gaan testen. Allereerst weer GETAL1 en GETAL2 vullen:

```
MON> @ 0200
0200 00 34
0201 00 12
0202 00 00
```

En starten maar:

```
MON> E 1000
46                      ; Is dat even luxe? We hoeven niet meer met de hand
MON>                    ; te kijken of het wel klopt. Maar nu met die andere
                        ; getallen en dan toch maar gelijk even kijken of het
                        ; RESULT echt wel goed is.
MON> @ 0200
0200 34 A0
0201 12 AA
0202 46 00

MON> E 1000
WARNING, OVERFLOW DETECTED
4A
MON>                    ; Het (b)lijkt te werken!
```

Allemaal leuk en aardig zul je denken maar wat nu te doen als ik nu wil werken met getallen boven de 255? In dat geval gaan we het getal opslaan in meerdere geheugen locaties. Met twee locaties = 16 bits kun je al rekenen tot 65535, met drie locaties = 24 bits al tot 16777216!! Wil je ook negatieve getallen gebruiken dan is dat voor 16 bits van -32768 tot 32767 en met 24 bits van -8388608 tot 8388607. In de meeste toepassingen in AS is 16 bits meestal ruim voldoende. Daarbij spreken we af dat het HIGH byte van het 16 bits getal altijd op de geheugenplaats na het LOW byte staat. We hanteren dan dezelfde notatie als de 6502 zelf doet bij 16 bits getallen (kijk maar in ons voorbeeld, eerst het LOW en dan pas het HIGH byte). Je HOEFT dat natuurlijk niet te doen maar als je het jezelf vanaf het begin aanleert dan went het vanzelf. Trouwens AS neemt ons dat omkeren al uit handen door gebruik te maken van de FDB instructie.
We gaan nu ons ADD_8 programma uitbreiden voor 16 bits getallen. Gebruik COPY ADD_8.MAC ADD_16.MAC en EDIT de onstane ADD_16.MAC file als volgt:

```
;
; File    : ADD_16.MAC
; Purpose : Add two 16 bit numbers and show result on screen
;           show warning in case of overflow.

HEXOUT1 EQU     $C038           ; vertel AS waar HEXOUT1 begint
PRINT1  EQU     $C03B           ; en hier begint PRINT1

        ORG     $1000           ; vertel AS waar het programma begint

ADD_16  LDA     GETAL1          ; haal LOW part van GETAL1 in A
        CLC                     ; zet de Carry op nul
        ADC     GETAL2          ; tel LOW part van GETAL2 bij A
        STA     RESULT          ; zet het resultaat weg
        LDA     GETAL1+1        ; haal HIGH part van GETAL1
        ADC     GETAL2+1        ; tel HIGH part van GETAL2 plus CARRY bij A
        STA     RESULT+1        ; zet het resultaat weg
        BCC     OK              ; het resultaat is goed, geen overflow
        JSR     PRINT1          ; foutmelding
        FCC     13,'WARNING, OVERFLOW DETECTED',0
OK      JSR     PRINT1          ; begin op een nieuwe regel
        FCC     13,0
        LDA     RESULT+1
        JSR     HEXOUT1         ; toon resultaat HIGH
        LDA     RESULT
        JSR     HEXOUT1         ; toon resultaat LOW
        RTS                     ; terug naar MON of DOS

        ORG     $0200           ; vertel AS waar de data staat

GETAL1  FDB     0               ; reserveer een WOORD=16 bits voor GETAL1
GETAL2  FDB     0               ; en een voor GETAL2
RESULT  FDB     0               ; en een voor RESULT

        END     ADD_16  ; thats all folks!
```

Om het programma te testen blijven we nu voor de verandering eens in DOS en gebruiken daarbij de volgende commando´s:

```
$ AS ADD_16
Pass 1...
Pass 2...
Last assembled address: 0205
Errors detected: 0
$ LOAD ADD_16.BIN
$ MEMFILL 0200,0200,A0
$ LC 0201,0201,01
$ LC 0202,0202,66
$ LC 0203,0203,09
$ G 1000

0B06$
```

We hebben GETAL1 gevuld met $01A0 en GETAL2 met $0966, het resultaat is $0B06 en dat klopt. De carry die is onstaan bij het optellen van $A0 en $66 is inderdaad meegenomen bij het optellen van $01 en $09. We zien dat er nog een klein schoonheidsfoutje in het programma zit, de DOS65 prompt staat direct achter het resultaat. Bij gebruik van MON65 gaat dit wel goed omdat daar de prompt begint met een CRLF. Voor de perfectionisten onder U vermeldt ik daarom de CRLF routine van DOS65 die begint op $C02F. Deze routine kun je voor het verlaten van het ADD_8 en ADD_16 programma uitvoeren om de cursor altijd aan het begin van de regel te krijgen.
Probeer zelf eens een 8 of 16 bits aftrekroutine te schrijven. Gebruik hiervoor de instructie ´SBC´ en bedenk hierbij dat de carry hierbij de functie van ´lenen´ of ´borrow´ heeft en dus vooraf ´1´ moet zijn (gebruik SEC) om correcte resultaten te krijgen. Is er dan daadwerkelijk zo´n ´borrow´ geweest dan is de carry na de SBC instructie ´0´. De test voor ´underflow´ wordt dan gedaan met ´BCS´. Veel succes!

Antoine Megens

Nogmaals: CRTC.DOC.

In de 6502-Kenner nummer 56 beschreef Jaques Banser, op pagina 28, de wijze waarop een monitor met een 9-pens "IBM-aansluiting" op de VDU-kaart van Elektuur kon worden aangesloten.
Hierin ben ik het volgende foutje tegengekomen:
In regel 6 staat: Als eerste het VIDEO-signaal afnemen van pen 12 van IC3 (N22) enz.
Dit moet zijn: Als eerste het VIDEO-signaal afnemen van pen 6 van IC3 (N22) en deze aansluiten op pen 7 van de 9-pens stekker.

Tot slot de volgende opmerking:
Om instabiliteit te vermijden is het verstandig om pen 8 van IC4 buiten de IC-voet te buigen.

Evert van Kan.

Getallen (Deel4).

Door Gert van Opbroek
Bateweg 60
2481 AN Woubrugge

Inleiding.

Na het in de voorgaande aflevering gehad te hebben over het optellen en aftrekken van floating point getallen gaan we in deze aflevering verder met vermenigvuldigen en delen. Ook in deze aflevering staan bijbehorende subroutines voor een 6502-systeem. (De routines zijn m.i.v. vandaag ook beschikbaar op het bulletin board).

Misschien is het wel aardig te vertellen hoe deze serie eigenlijk tot stand gekomen is. Welnu, ik heb, jaren geleden, eens een set procedures voor floating-point getallen overgetikt uit een boekje met programma´s voor de 6502 [1]. Dit waren routines voor vier byte getallen (dus net zo als IEEE single precision). Bovendien was ik in die tijd zeer veel bezig met het programmeren in Forth en miste daar in de 79-standaard versie de mogelijkheden van floating point. Ik ben toen bezig geweest in de assembler bij Forth een set routines te maken. Deze routines hanteren een eigen formaat van 6 byte en kennen een zeer grote range en tamelijk grote preciesie. (Voor de liefhebbers heb ik deze routines ook op het BBS gezet, evenals de bijbehorende assembler).
Het inlezen en afdrukken van de getallen kan verder in elke basis, dus in decimaal, hex, binair etc. Nadeel is echter dat vooral de afdrukroutine tamelijk traag is. Ik ben met dit project gestopt omdat ik andere interesses (68000) kreeg en omdat het mij toen niet lukte de routines voor de functies zoals sinus, cosinus, exponent etc. te bemachtigen.

Daar ik al het één en ander met floating point gedaan had en omdat ik het ontbreken van floating point in DOS-65 ´C´ een gemis vindt, heb ik medio vorig jaar besloten me eens bezig te gaan houden met floating point routines. Nadat ik het besluit genomem had was het duitse tijdschrift MC, waarop ik geabonneerd ben, zo vriendelijk hetzelfde ook te doen zodat ik een groot deel van deze artikelenreeks op de artikelen in mc [2..6] kan baseren. MC heeft ook de routines voor optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen in assembler voor 68000, 8088 en Z80 gepubliceerd. Daar ik behalve in 6502-assembler ook goed thuis ben in 68000-assembler was het omzetten dus relatief eenvoudig. De gepubliceerde routines zijn dan ook vrijwel een één op één conversie van de routines voor de 68000. Het gevolg is echter wel dat de 6502-routines op enkele onderschikte punten wat geoptimaliseerd zouden kunnen worden, dat laat ik echter graag over aan de toekomstige gebruiker.

MC plaatste ook de inlees- en afdrukroutines, echter in ´C´ zodat de conversie hiervan naar 6502-assembler mogelijk wat problematischer zal gaan worden. U kunt er echter van uit gaan dat ze zeker in 6502 assembler en mogelijk ook in 68000 assembler gemaakt zullen gaan worden.

Ik denk dat de artikelenreeks als volgt verder gaat: In dit nummer komen de routines voor vermenigvuldigen en delen, in het volgende nummer de inlees- en afdrukroutine waarna in het daarop volgende nummer een rekenmachine gemaakt zal gaan worden. Daarna wil ik eigenlijk de routines voor de diverse functies (SIN, COS, EXP, LOG .....) behandelen alleen heb ik onvoldoende gegevens over de polynomen met behulp waarvan ze uitgerekend worden. Als er mensen zijn die mij aan deze polynomen kunnen helpen, willen die mij dan deze informatie opsturen?

Een mogelijke referentie zou [7] kunnen zijn wie helpt?

Vermenigvuldigen.

Het vermenigvuldigen (en ook het delen) van floating point getallen lijkt, in tegenstelling tot optellen, zeer veel op het vermenigvuldigen van gehele getallen. Ook in het decimale stelsel is dat zo, kijk maar naar het volgende voorbeeld:

1,15E4 * 2,21E3 = 2,5415E7

Het rekenschema bestaat uit vier stappen te weten:

1) Bereken de nieuwe exponent. Dit is de som (signed) van de exponenten van de operanden.

2) Bereken het integer-product van de mantissa´s dus in het voorbeeld 115 * 220. Van het resultaat komen evenveel cijfers achter de komma als de operanden tesamen hadden.

3) Normeer het resultaat zodanig dat er in de mantissa weer één cijfer voor de komma staat.

4) Bepaal het teken van het resultaat; dit is een '+' als van de operanden de tekens gelijk zijn en een '-' als ze ogelijk zijn (dus een exclusieve OR).

Kijken we nu naar de assembler-listing, dan kunnen we zien dat dit rekenschema ook hier gebruikt wordt. Er zijn echter enkele bijzondere gevallen die behandeld moeten worden. In de eerste plaats is dat het geval dat één van de operanden niet in het genormaliseerde formaat staat maar zo klein is dat ze in het gedenormaliseerde formaat staat. Hiervoor wordt een correctie uitgevoerd door van een operand in het genormaliseerde formaat de exponent te verlagen (regel 404 t/m 409).

Bij de berekening van de nieuwe exponent moeten we na de optelling er rekening mee houden dat de exponenten een bias van $7F kennen omdat ze in het zogenaamde signed magnitude formaat staan waarbij $7F betekent dat de exponent 0 is. Bij een recht toe rechtaan optelling is het resultaat dus 127 te groot. Omdat er echter al een klein voorschotje op het normaliseren genomen wordt, wordt er geen 127 doch slechts 127-3 = 124 afgetrokken. Krijgen we na deze correctie een resultaat kleiner dan -24, dan is zeker dat het resultaat kleiner is dan het kleinst mogelijke getal dat we in 4 byte weer kunnen geven(underflow), en zal het resultaat als 0 (nul) weergegeven worden.

Na deze bewerking wordt de nieuwe mantissa berekent met behulp van een vermenigvuldigings-routine volgens het algoritme uit deel 1.

Alvorens over te gaan tot het normeren, wordt bij het resultaat 1/2 LS bit opgeteld voor het afronden to nearest. (4/5 in het dagelijks leven). Op dit moment zijn alle resultaten met een exponent 0 genormeerd; dit zijn de gedenormaliseerde getallen. Van de overige getallen wordt de mantissa naar links geschoven en de exponent verhoogd net zo lang totdat we een exponent > 255 (overflow) of een MS-bit 1 hebben. Resultaat 0 en overflow worden afzonderlijk (00 00 00 00 resp. 00 00 00 FF) behandeld.

Als laatste wordt het teken bepaald en wordt het resultaat op de stack geschreven.

Delen.

Als we twee floating point getallen moeten delen, dan moeten we er in de eerste plaats voor zorgen dat beide getallen evenveel cijfers voor de komma hebben of dat beide getallen evenveel nullen tussen het eerste cijfer ongelijk 0 en de komma hebben dus:

12,34 / 0,032

moet omgezet worden naar:

12,34E0 / 32E-3

of naar

0,01234E3 / 0,032E0

of naar

1,234E1 / 3,2E-2

Daarna wordt de exponent van de tweede operand afgetrokken van die van de eerste. Dit is vooralsnog de exponent van het quotient.

Hierna kan men gaan delen. In het resultaat komt de komma meteen na het eerste cijfer (in het voorbeeld een 0) te staan. Evenenals bij vermenigvuldigen is het teken de exclusieve OR van de tekens van de operanden. Het (ongenormeerde) resultaat van het voorbeeld is dus:

0.3843E3

In het binaire geval gaat het niet anders. Na de correctie van de genormaliseerde getallen worden ook hier de exponenten van elkaar afgetrokken. Daar de exponenten met hun bias van 127 van elkaar afgetrokken worden, moet deze er in het resultaat weer bij worden opgeteld. Alles wat hierna een exponent kleiner dan -24 heeft, leidt tot underflow en geeft dus als resultaat 0.

Als de deler gelijk is aan 0, dan is het resultaat oneindig en dit wordt dan ook weergegeven.

Na de berekening van de nieuwe exponent, worden de mantissa's zodanig geschoven dat het MS-bit 0 is. Hierna wordt de deler naar links geschoven totdat het volgende bit 1 is. Voor elke verschuiving wordt hierbij de exponent van het resultaat met 1 verhoogd.

Alvorens de deling te starten, wordt bij de exponent van het resultaat 25 opgeteld. Dit kan beschouwd worden als voorschot op het normeren.

Het algoritme voor het delen is hierna heel eenvoudig. De deler wordt van het deeltal afgetrokken. Lukt dit, dan wordt er in het resultaat van rechts af een bit 1 geschoven, lukt dit niet (resultaat < 0) dan wordt het deeltal weer teruggehaald en wordt er in het resultaat van rechts af een 0 geschoven. Aansluitend wordt het deeltal naar links geschoven waarbij de exponent van het resultaat met 1 verlaagd wordt. Bij deze verschuiving wordt een bit 0 in het deeltal geschoven.Dit proces gaat door totdat er aan de linker kant een 1 uit het resultaat geschoven wordt of totdat de exponent van het resultaat 0 geworden is.

Het afronden, normaliseren en bepalen van het voorteken gebeurt met routines uit de vermenigvuldiging.

Testset.

Naast de gebruikelijke getallen zijn er een groot aantal speciale gevallen. Enkele van deze spiciale gevallen zijn ook in de artikelen van mc beschreven. Deze gevallen zijn in de volgende tabel weergegeven.

Voor optellen:

$3f 80 00 00 + $40 00 00 00 = $40 40 00 00
Dit is 1 + 2 met als resultaat 3.

$00 f0 00 00 + $40 00 00 00 = $00 70 00 00
Hierbij wordt bij een klein, genormaliseerd getal het kleinst genormaliseerd getal met negatief teken opgeteld. Het resultaat is gedenormaliseerd.

$7f 00 00 00 + $7e ff ff ff = $7f 80 00 00
Twee grote getallen met als resultaat oneindig.

Voor vermenigvuldigen:

$7f 7f ff ff * $00 00 00 03 = $35 bf ff ff
Het grootst mogelijke getal maal een zeer klein (gedenormaliseerd) getal.

$00 80 00 00 * $3f 00 00 00 = $00 40 00 00
Het kleinste genormaliseerde getal maal 0.5.

$40 00 00 00 * $7e ff ff ff = $7f 7f ff ff
Een groot getal wordt met 2 vermenigvuldigd waarbij het resultaat het grootst mogelijke getal is.

Voor delen:

$3f 80 00 00 / $00 00 00 00 = $7f 80 00 00
1/0 geeft als resultaat oneindig.

$41 d0 00 00 / $40 e0 00 00 = $40 6d b6 db
26/7

$00 00 00 03 / $1f ff ff ff = $15 40 00 01
Een zeer klein, gedenormaliseerd getal delen door een klein, genormaliseerd getal.

Tenslotte.

In deze aflevering hebben we ons bezig gehouden met de routines voor vermenigvuldigen en delen. In de inleiding heb ik al aangegeven dat de in volgende aflevering (ijs en weder dienende) we ons bezig zullen gaan houden met het inlezen en afdrukken.

De bijgevoegde programmas zijn geschreven op een Junior met PROTON-Senior DOS. Ze zouden zonder al te grote wijzigingen op elk ander 6502-systeem moeten kunnen lopen. Zo niet, dan hoor ik dat graag zodat we hiervoor een oplossing kunnen zoeken. Voor mensen die geen 6502-systeem gebruiken hoop ik dat de listings dermate veel commentaar bevatten dat de algoritmen toch duidelijk naar voren komen. Zoals reeds gezegd, bevatten de referenties [2..6] dezelfde routines voor 68000, 8088 en Z80.

Referenties.

1: Findley: 6502 Software Gourmet Guide And Cookbook
2: Hagen Völzke: Fliesskomma-Aritmetik und IEEE Specification; mc 10/88 blz. 123
3: Hagen Völzke: Fliesskomma-Aritmetik und IEEE Specification; mc 11/88 blz. 78
4: Hagen Völzke: Fliesskomma-Aritmetik und IEEE Specification; mc 12/88 blz. 91
5: Hagen Völzke: Fliesskomma-Aritmetik und IEEE Specification; mc 1/89 blz. 66
6: Hagen Völzke: Fliesskomma-Aritmetik und IEEE Specification; mc 2/89 blz. 65
7: H. Kremer: Numerische Mathematik fuer Hochfrequenz- und Elektrotechniker, Bd 2, Muenchen 1978

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0001

0324  0351                    .OPT LIST
0325  0351          ; ************************************************************
0326  0351          ;
0327  0351          ; Floating point package for the 6502 microprocessor Part II
0328  0351          ;
0329  0351          ; Written by G. van Opbroek
0330  0351          ; on JUNIOR with Proton Senior DOS
0331  0351          ; (c) Copyright 1989 Kim Gebruikersclub Nederland
0332  0351          ;
0333  0351          ; ************************************************************
0334  0351          ;
0335  0351          ; Note: Part II should be included behind line 322 of part I
0336  0351          ;
0337  000C                    .EXI
0338  000C          ;
0339  000C          ; Define workspace on page zero
0340  000C          ;
0341  000C          COUNT     *=*+1               ; Bit counter
0342  000D          WORK      *=*+8
0343  0015          SAVE      *=*+4
0344  0019          ;
0345  0351                    .EXI
0346  0351          ;
0347  0351          ; Floating point multiplication:
0348  0351          ; based on: Hagen Volzke Fliesskomma - Arithmetik und
0349  0351          ;           IEEE-Spezifikation
0350  0351          ;
0351  0351          ;           mc 11/88 page 78
0352  0351          ;
0353  0351          FMUL                          ; Get parameters from stack
0354  0351  68               PLA                  ; Get return address and save it
0355  0352  8500             STA RETADD
0356  0354  68               PLA
0357  0355  8501             STA RETADD+1
0358  0357          ;
0359  0357  A900             LDA #0               ; Clear signs
0360  0359  850B             STA SIGN2
0361  035B  8506             STA SIGN1
0362  035D          ;
0363  035D          ; Get second parameter from stack (4 byte)
0364  035D          ;
0365  035D  A207             LDX #<MAN2           ; Zero-page relative address
0366  035F  A004             LDY #4               ; 4 byte
0367  0361  68       FMULP1  PLA                  ; Get byte from stack
0368  0362  9500             STA $0000,X          ; Store byte
0369  0364  E8               INX
0370  0365  88               DEY
0371  0366  D0F9             BNE FMULP1
0372  0368          ;
0373  0368          ; Get first parameter from stack (4 byte)
0374  0368          ;
0375  0368  A202             LDX #<MAN1           ; Zero-page relative address
0376  036A  A004             LDY #4               ; 4 byte
0377  036C  68       FMULP2  PLA                  ; Get byte from stack
0378  036D  9500             STA $0000,X          ; Store byte
0379  036F  E8               INX
0380  0370  88               DEY
0381  0371  D0F9             BNE FMULP2
0382  0373          ;
0383  0373          ; Rotate operands to get exponents in one byte
0384  0373          ;
0385  0373  18               CLC
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0002

0386  0374  A202            LDX #<MAN1          ; Get zero-page relative address of MAN1
0387  0376  A005            LDY #5              ; Rotate 5 byte, result is:
0388  0378  200002          JSR ROTLEF          ; mmmmmmm0 mmmmmmmm mmmmmmmm eeeeeeee 0000
0389  037B                ;                                                          0005
0390  037B  18              CLC
0391  037C  A505            LDA EXP1            ; Exponent zero?
0392  037E  F003            BEQ FMUL1           ; Yes, denormalized, Ror in 0
0393  0380  38              SEC                 ; No, Ror in  1
0394  0381  C605            DEC EXP1            ; Compensate exponent
0395  0383                ;
0396  0383  A204    FMUL1   LDX #<MAN1+2        ; Get zero-page relative address
0397  0385  A003            LDY #3              ; Rotate mantissa
0398  0387  200702          JSR ROTRIG          ; mmmmmmmm mmmmmmmm mmmmmmm eeeeeeee 0000
0399  038A                ;                                                          0005
0400  038A  18              CLC
0401  038B  A207            LDX #<MAN2          ; Get zero-page releative address of MAN2
0402  038D  A005            LDY #5              ; Rotate 5 byte, result is:
0403  038F  200002          JSR ROTLEF          ; mmmmmmm0 mmmmmmmm mmmmmmmm eeeeeeee 0000
0404  0392                ;                                                          0005
0405  0392  18              CLC
0406  0393  A50A            LDA EXP2            ; Exponent zero?
0407  0395  F003            BEQ FMUL2           ; Yes, denormalized, Ror in 0
0408  0397  38              SEC                 ; No, Ror in  1
0409  0398  C60A            DEC EXP2            ; Compensate exponent
0410  039A                ;
0411  039A  A209    FMUL2   LDX #<MAN2+2        ; Get zero-page relative address
0412  039C  A003            LDY #3              ; Rotate mantissa
0413  039E  200702          JSR ROTRIG          ; mmmmmmmm mmmmmmmm mmmmmmm eeeeeeee 0000
0414  03A1                ;                                                          0005
0415  03A1                ; Calculate the new exponent
0416  03A1                ;
0417  03A1  18              CLC
0418  03A2  A505            LDA EXP1            ; Get first exponent
0419  03A4  650A            ADC EXP2            ; Add second one
0420  03A6  8513            STA WORK+6          ; Store low byte
0421  03A8  A900            LDA #0              ; Clear accumulator
0422  03AA  6900            ADC #0              ; Get carry
0423  03AC  8514            STA WORK+7          ; Store high byte
0424  03AE                ;
0425  03AE  38              SEC                 ; Now we have two times the bias
0426  03AF  A513            LDA WORK+6          ; correct this
0427  03B1  E97C            SBC #127-3          ; Subtract bias - 3
0428  03B3  8513            STA WORK+6
0429  03B5  A514            LDA WORK+7          ; High byte
0430  03B7  E900            SBC #0              ; Subtract borrow
0431  03B9  8514            STA WORK+7
0432  03BB                ;
0433  03BB                ; If the (biased) exponent < -25 then we have underflow
0434  03BB                ; Result will be zero in this case
0435  03BB                ;
0436  03BB  1009            BPL FMUL3           ; High byte >= 0 --> No underflow
0437  03BD  A513            LDA WORK+6          ; Get low byte
0438  03BF  C9E7            CMP #$E7            ; < -25?
0439  03C1  B003            BCS FMUL3
0440  03C3  4C9B04          JMP MUL0            ; Yes, result is zero
0441  03C6                ;
0442  03C6                ; 24 Bits integer multiplication
0443  03C6                ;
0444  03C6                FMUL3
0445  03C6                ;
0446  03C6                ; Clear workspace
0447  03C6                ;
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0003

0448  03C6  A900            LDA #$00
0449  03C8  A206            LDX #$06          ; We use 6 byte in the workspace
0450  03CA  950C    FMUL4   STA WORK-1,X
0451  03CC  CA              DEX
0452  03CD  D0FB            BNE FMUL4
0453  03CF          ;
0454  03CF  A218            LDX #24           ; 24 Bits multiplication
0455  03D1  860C            STX COUNT
0456  03D3          ;
0457  03D3  A209    MLOOP   LDX #<MAN2+2      ; Rotate right mantissa 2
0458  03D5  A003            LDY #3            ; Rotate 3 byte
0459  03D7  200702          JSR ROTRIG
0460  03DA          ;
0461  03DA  900F            BCC MLOOP2        ; Last bit clear --> continue
0462  03DC          ;
0463  03DC          ; Last bit was set: Add mantissa 1 to result
0464  03DC          ;
0465  03DC  18              CLC               ; Clear carry for addition
0466  03DD          ;
0467  03DD  A003            LDY #3            ; Add 3 byte of mantissa 1
0468  03DF  A200            LDX #0
0469  03E1  B510    MLOOP1  LDA WORK+3,X      ; Start at fourth byte
0470  03E3  7502            ADC MAN1,X
0471  03E5  9510            STA WORK+3,X
0472  03E7  E8              INX               ; Next byte
0473  03E8  88              DEY
0474  03E9  D0F6            BNE MLOOP1
0475  03EB          ;
0476  03EB          ; Rotate the result right; shift in the carry
0477  03EB          ; of the addition
0478  03EB          ;
0479  03EB  A212    MLOOP2  LDX #<WORK+5      ; Start at MS byte
0480  03ED  A006            LDY #6            ; Rotate 6 bytes
0481  03EF  200702          JSR ROTRIG
0482  03F2          ;
0483  03F2          ; Decrement the counter and continue
0484  03F2          ;
0485  03F2  C60C            DEC COUNT
0486  03F4  D0DD            BNE MLOOP         ; If counter > 0 then continue
0487  03F6          ;
0488  03F6          ; Test mantissa for zero result
0489  03F6          ;
0490  03F6  A206            LDX #6            ; Test 6 bytes
0491  03F8  B50C    MLOOP3  LDA WORK-1,X      ; Get byte
0492  03FA  D006            BNE FMULNZ        ; Not zero
0493  03FC  CA              DEX
0494  03FD  D0F9            BNE MLOOP3
0495  03FF  4C9B04          JMP MUL0
0496  0402          ;
0497  0402          FMULNZ
0498  0402          ;
0499  0402          ; Exponent of result <-24 --> underflow
0500  0402          ; Exponent of result < 0  --> denormalised exponent := 0
0501  0402          ;
0502  0402  A514            LDA WORK+7        ; MS byte of exponent
0503  0404  1017            BPL FMUL6         ; exponent >= 0
0504  0406  A513            LDA WORK+6
0505  0408  C9E8            CMP #$E8          ; < -24 ?
0506  040A  B003            BCS FMUL5
0507  040C  4C9B04          JMP MUL0          ; Underflow
0508  040F          ;
0509  040F          FMUL5
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0004

0510  040F          ;
0511  040F          ; Rotate right mantissa until exponent = 0
0512  040F          ;
0513  040F  18      MLOOP4   CLC                ; Shift in zero
0514  0410  A212             LDX #<WORK+5       ; Start at MS byte
0515  0412  A006             LDY #6             ; Shift 6 byte
0516  0414  200702           JSR ROTRIG         ; Rotate right
0517  0417  E613             INC WORK+6         ; increment exponent
0518  0419  30F4             BMI MLOOP4
0519  041B          ;
0520  041B  E614             INC WORK+7         ; MS byte was $FF; clear it.
0521  041D          ;
0522  041D  A514   FMUL6     LDA WORK+7         ; Exponent zero ?
0523  041F  D004             BNE FMUL7
0524  0421  A513             LDA WORK+6
0525  0423  F01E             BEQ MROUND         ; Yes round result
0526  0425          ;
0527  0425          ; Rotate result left until MS bit = 1
0528  0425          ; or exponent = zero
0529  0425          ;
0530  0425  A20D   FMUL7     LDX #<WORK         ; Start at LS byte
0531  0427  A006             LDY #6             ; Shift 6 byte
0532  0429  200002           JSR ROTLEF
0533  042C  B00E             BCS FMUL8          ; Carry set --> normalized
0534  042E          ;
0535  042E          ; Decrement exponent.....
0536  042E          ;
0537  042E  A513             LDA WORK+6
0538  0430  E900             SBC #0             ; Carry was clear!
0539  0432  8513             STA WORK+6
0540  0434  A514             LDA WORK+7
0541  0436  E900             SBC #0
0542  0438  8514             STA WORK+7         ; Carry is set
0543  043A          ;
0544  043A  B0E1             BCS FMUL6          ; Test exponent and start again
0545  043C          ;
0546  043C  A212   FMUL8     LDX #<WORK+5       ; We have rotated one to much
0547  043E  A006             LDY #6             ; correct
0548  0440  200702           JSR ROTRIG
0549  0443          ;
0550  0443          ; Round the result by adding $00 $00 $00 $80
0551  0443          ;
0552  0443  A202   MROUND     LDX #2             ; Start at the third byte
0553  0445  A004             LDY #4             ; Four bytes
0554  0447  A980             LDA #$80
0555  0449  18               CLC
0556  044A  750D   MLOOP5     ADC WORK,X
0557  044C  950D             STA WORK,X
0558  044E  A900             LDA #$0            ; Clear accu
0559  0450  E8               INX                ; Next byte
0560  0451  88               DEY                ; Decrement counter
0561  0452  D0F6             BNE MLOOP5
0562  0454          ;
0563  0454  9014             BCC FMUL9          ; If carry is set then
0564  0456  A212             LDX #<WORK+5       ; Rotate mantissa right
0565  0458  A004             LDY #4             ; four bytes
0566  045A  200702           JSR ROTRIG
0567  045D          ;
0568  045D  18               CLC
0569  045E  A513             LDA WORK+6         ; Increment exponent
0570  0460  6901             ADC #1
0571  0462  8513             STA WORK+6
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0005

0572  0464  A514            LDA WORK+7
0573  0466  6900            ADC #0
0574  0468  8514            STA WORK+7
0575  046A          ;
0576  046A  A514    FMUL9   LDA WORK+7          ; Exponent > 255 ?
0577  046C  F003            BEQ FMUL10          ; No, continue
0578  046E  4CA704          JMP MULOVL          ; Yes, overflow
0579  0471          ;
0580  0471  A513    FMUL10  LDA WORK+6          ; Get exponent
0581  0473  F007            BEQ FMULRE          ; 0 --> denormalised, exit
0582  0475  A210            LDX #<WORK+3        ; Normalised, shift MS bit out
0583  0477  A003            LDY #3              ; Start at fourth byte
0584  0479  200002          JSR ROTLEF
0585  047C          ;
0586  047C  A506    FMULRE  LDA SIGN1           ; Get sign
0587  047E  450B            EOR SIGN2           ; Calculate sign of result
0588  0480  8514            STA WORK+7          ; Store in result
0589  0482          ;
0590  0482  A214            LDX #<WORK+7        ; Start at eight byte
0591  0484  A005            LDY #5
0592  0486  200702          JSR ROTRIG
0593  0489          ;
0594  0489  A206            LDX #6              ; Start at WORK + 6
0595  048B  A004            LDY #4              ; 4 byte
0596  048D  B50D    MLOOP6  LDA WORK,X
0597  048F  48              PHA                 ; Push result
0598  0490  CA              DEX
0599  0491  88              DEY
0600  0492  D0F9            BNE MLOOP6
0601  0494          ;
0602  0494  A501            LDA RETADD+1
0603  0496  48              PHA
0604  0497  A500            LDA RETADD
0605  0499  48              PHA
0606  049A  60              RTS
0607  049B          ;
0608  049B          ; Zero result --> Exponent zero,
0609  049B          ; mantissa zero
0610  049B          ;
0611  049B  A900    MUL0    LDA #0
0612  049D  A208            LDX #8
0613  049F  950C    MLOOP7  STA WORK-1,X
0614  04A1  CA              DEX
0615  04A2  D0FB            BNE MLOOP7
0616  04A4  4C7C04          JMP FMULRE          ; Save result and exit
0617  04A7          ;
0618  04A7          ; Overflow --> exponent = $FF
0619  04A7          ; mantissa = 0
0620  04A7          ;
0621  04A7  A900    MULOVL  LDA #0              ; Clear workspace
0622  04A9  A208            LDX #8              ; 8 byte
0623  04AB  950C    MLOOP8  STA WORK-1,X
0624  04AD  CA              DEX
0625  04AE  D0FB            BNE MLOOP8
0626  04B0  A9FF            LDA #$FF            ; Exponent
0627  04B2  8513            STA WORK+6
0628  04B4  4C7C04          JMP FMULRE
0629  04B7          ;
0630  04B7          ; Floating point division:
0631  04B7          ; based on: Hagen Volzke Fliesskomma - Arithmetik und
0632  04B7          ;           IEEE-Spezifikation
0633  04B7          ;
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0006

0634  04B7          ;           mc 11/88 page 78
0635  04B7          ;
0636  04B7          FDIV                        ; Get parameters from stack
0637  04B7  68              PLA                 ; Get return address and save it
0638  04B8  8500            STA RETADD
0639  04BA  68              PLA
0640  04BB  8501            STA RETADD+1
0641  04BD          ;
0642  04BD  A900            LDA #0              ; Clear signs
0643  04BF  850B            STA SIGN2
0644  04C1  8506            STA SIGN1
0645  04C3          ;
0646  04C3          ; Get second parameter from stack (4 byte)
0647  04C3          ;
0648  04C3  A207            LDX #<MAN2          ; Zero-page relative address
0649  04C5  A004            LDY #4              ; 4 byte
0650  04C7  68      FDIVP1  PLA                 ; Get byte from stack
0651  04C8  9500            STA $0000,X         ; Store byte
0652  04CA  E8              INX
0653  04CB  88              DEY
0654  04CC  D0F9            BNE FDIVP1
0655  04CE          ;
0656  04CE          ; Get first parameter from stack (4 byte)
0657  04CE          ;
0658  04CE  A202            LDX #<MAN1          ; Zero-page relative address
0659  04D0  A004            LDY #4              ; 4 byte
0660  04D2  68      FDIVP2  PLA                 ; Get byte from stack
0661  04D3  9500            STA $0000,X         ; Store byte
0662  04D5  E8              INX
0663  04D6  88              DEY
0664  04D7  D0F9            BNE FDIVP2
0665  04D9          ;
0666  04D9          ; Rotate operands to get exponents in one byte
0667  04D9          ;
0668  04D9  18              CLC
0669  04DA  A202            LDX #<MAN1          ; Get zero-page relative address of MAN1
0670  04DC  A005            LDY #5              ; Rotate 5 byte, result is:
0671  04DE  200002          JSR ROTLEF          ; mmmmmmm0 mmmmmmmm mmmmmmmm eeeeeeee 0000
0672  04E1          ;                                                          0005
0673  04E1  18              CLC
0674  04E2  A505            LDA EXP1            ; Exponent zero?
0675  04E4  F003            BEQ FDIV1           ; Yes, denormalized, Ror in 0
0676  04E6  38              SEC                 ; No, Ror in  1
0677  04E7  C605            DEC EXP1            ; Compensate exponent
0678  04E9          ;
0679  04E9  A204    FDIV1   LDX #<MAN1+2        ; Get zero-page relative address
0680  04EB  A003            LDY #3              ; Rotate mantissa
0681  04ED  200702          JSR ROTRIG          ; mmmmmmmm mmmmmmmm mmmmmmm eeeeeeee 0000
0682  04F0          ;                                                          0005
0683  04F0  18              CLC
0684  04F1  A207            LDX #<MAN2          ; Get zero-page releative address of MAN2
0685  04F3  A005            LDY #5              ; Rotate 5 byte, result is:
0686  04F5  200002          JSR ROTLEF          ; mmmmmmm0 mmmmmmmm mmmmmmmm eeeeeeee 0000
0687  04F8          ;                                                          0005
0688  04F8  18              CLC
0689  04F9  A50A            LDA EXP2            ; Exponent zero?
0690  04FB  F003            BEQ FDIV2           ; Yes, denormalized, Ror in 0
0691  04FD  38              SEC                 ; No, Ror in  1
0692  04FE  C60A            DEC EXP2            ; Compensate exponent
0693  0500          ;
0694  0500  A209    FDIV2   LDX #<MAN2+2        ; Get zero-page relative address
0695  0502  A003            LDY #3              ; Rotate mantissa
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0007

0696  0504  200702          JSR ROTRIG          ; mmmmmmmm mmmmmmmm mmmmmmmm eeeeeeee 0000
0697  0507                ;                                                          0005
0698  0507                ; Calculate the new exponent
0699  0507                ;
0700  0507  38                SEC
0701  0508  A505              LDA EXP1            ; Get first exponent
0702  050A  E50A              SBC EXP2            ; Subtract the second one
0703  050C  8513              STA WORK+6          ; Store low byte
0704  050E  A900              LDA #0              ; Clear accumulator
0705  0510  E900              SBC #0              ; Subtract the borrow
0706  0512  8514              STA WORK+7          ; Store the high byte
0707  0514                ;
0708  0514  18                CLC                 ; We have also subtracted the bias
0709  0515  A513              LDA WORK+6          ; Correct this
0710  0517  697F              ADC #$7F            ; The bias
0711  0519  8513              STA WORK+6
0712  051B  A514              LDA WORK+7          ; High byte
0713  051D  6900              ADC #0              ; Get the carry
0714  051F  8514              STA WORK+7
0715  0521                ;
0716  0521                ; If the (biased) exponent < -24 then we have underflow
0717  0521                ; Result will be zero in this case
0718  0521                ;
0719  0521  1009              BPL FDIV3           ; High byte >= 0 --> No underflow
0720  0523  A513              LDA WORK+6          ; Get low byte
0721  0525  C9E8              CMP #$E8            ; < -24?
0722  0527  B003              BCS FDIV3
0723  0529  4C9B04            JMP MUL0            ; Yes, result is zero (use part of FMUL)
0724  052C                ;
0725  052C                FDIV3
0726  052C                ;
0727  052C                ;
0728  052C                ; If divisor = 0 then error !
0729  052C                ;
0730  052C  A204              LDX #4              ; Test 4 bytes
0731  052E  B506        DLOOP1  LDA MAN2-1,X      ; Get byte
0732  0530  D006              BNE FDIVN1          ; Not zero
0733  0532  CA                DEX
0734  0533  D0F9              BNE DLOOP1
0735  0535  4CA704            JMP MULOVL          ; Return overflow (use part of FMUL)
0736  0538                ;
0737  0538                FDIVN1
0738  0538                ;
0739  0538                ; If dividend = 0 then result = zero
0740  0538                ;
0741  0538  A204              LDX #4              ; Test 4 bytes
0742  053A  B501        DLOOP2  LDA MAN1-1,X      ; Get byte
0743  053C  D006              BNE FDIVN2          ; Not zero
0744  053E  CA                DEX
0745  053F  D0F9              BNE DLOOP2
0746  0541  4C9B04            JMP MUL0            ; Return zero (use part of FMUL)
0747  0544                ;
0748  0544                FDIVN2
0749  0544                ;
0750  0544                ;
0751  0544                ; 24 bits integer division
0752  0544                ;
0753  0544                ;
0754  0544                ; Clear workspace
0755  0544                ;
0756  0544  A900              LDA #$00
0757  0546  A206              LDX #$06            ; We use 6 byte in the workspace
```

```
6502 Floating Point Package    PROTON 650X ASSEMBLER  V4.4   PAGE: 0008

0758  0548  950C   FDIV4    STA WORK-1,X
0759  054A  CA               DEX
0760  054B  D0FB             BNE FDIV4
0761  054D          ;
0762  054D  A203             LDX #3              ; Shift MAN1 and MAN2 by 1 byte
0763  054F  B501   DLOOP3    LDA MAN1-1,X
0764  0551  9502             STA MAN1,X
0765  0553  B506             LDA MAN2-1,X
0766  0555  9507             STA MAN2,X
0767  0557  CA               DEX
0768  0558  D0F5             BNE DLOOP3
0769  055A          ;
0770  055A  A900             LDA #0              ; Clear LS byte
0771  055C  8502             STA MAN1
0772  055E  8507             STA MAN2
0773  0560  A205             LDX #<MAN1+3        ; Shift dividend result = 0fff .... fff
0774  0562  A004             LDY #4              ; 4 byte
0775  0564  18               CLC
0776  0565  200702           JSR ROTRIG
0777  0568          ;
0778  0568  A20A             LDX #<MAN2+3        ; Shift divisor result = 0fff .... fff
0779  056A  A004             LDY #4              ; 4 byte
0780  056C  18               CLC
0781  056D  200702           JSR ROTRIG
0782  0570          ;
0783  0570          ; Add 25 to the exponent, result > 0 !
0784  0570          ;
0785  0570  18               CLC
0786  0571  A513             LDA WORK+6
0787  0573  6919             ADC #25
0788  0575  8513             STA WORK+6
0789  0577  A514             LDA WORK+7
0790  0579  6900             ADC #0              ; Add carry
0791  057B  8514             STA WORK+7
0792  057D          ;
0793  057D          ; Shift left the divisor until bit 30 is set
0794  057D          ;
0795  057D  18               CLC                 ; Shift in zero
0796  057E  240A   DLOOP4    BIT MAN2+3          ; Copy bit 30 to V
0797  0580  7013             BVS DLOOP
0798  0582  A207             LDX #<MAN2
0799  0584  A004             LDY #4              ; Shift 4 byte
0800  0586  200002           JSR ROTLEF
0801  0589          ;
0802  0589  A513             LDA WORK+6          ; Increment exponent
0803  058B  6901             ADC #1              ; Carry was clear
0804  058D  A514             LDA WORK+7
0805  058F  6900             ADC #0              ; Add carry
0806  0591  8514             STA WORK+7          ; Carry is clear .......
0807  0593          ;
0808  0593  90E9             BCC DLOOP4
0809  0595          ;
0810  0595          ; Start division
0811  0595          ;
0812  0595  A204   DLOOP     LDX #4              ; Save dividend
0813  0597  B501   DLOOP5    LDA MAN1-1,X
0814  0599  9514             STA SAVE-1,X
0815  059B  CA               DEX
0816  059C  D0F9             BNE DLOOP5
0817  059E          ;
0818  059E          ; Subtract divisor from dividend
0819  059E          ;
```

6502 Floating Point Package PROTON 650X ASSEMBLER V4.4 PAGE: 0009

```
0820  059E  A004            LDY #4              ; Four byte
0821  05A0  A200            LDX #0              ; Start at ls byte
0822  05A2  38              SEC
0823  05A3  B502    DLOOP6  LDA MAN1,X
0824  05A5  F507            SBC MAN2,X
0825  05A7  9502            STA MAN1,X
0826  05A9  E8              INX
0827  05AA  88              DEY
0828  05AB  D0F6            BNE DLOOP6
0829  05AD          ;
0830  05AD  08              PHP                 ; Save the carry !
0831  05AE          ;
0832  05AE  B009            BCS FDIV5           ; If no borrow then the subtraction was
0833  05B0  A204            LDX #4              ; Else restore dividend      possible
0834  05B2  B514    DLOOP7  LDA SAVE-1,X
0835  05B4  9501            STA MAN1-1,X
0836  05B6  CA              DEX
0837  05B7  D0F9            BNE DLOOP7
0838  05B9          ;
0839  05B9  28      FDIV5   PLP                 ; Restore carry
0840  05BA  A003            LDY #3              ; Shift carry in result (3 byte)
0841  05BC  A210            LDX #<WORK+3
0842  05BE  200002          JSR ROTLEF
0843  05C1  08              PHP                 ; Save carry for the future
0844  05C2          ;
0845  05C2  18              CLC
0846  05C3  A004            LDY #4              ; Shift the dividend (4 byte)
0847  05C5  A202            LDX #<MAN1
0848  05C7  200002          JSR ROTLEF
0849  05CA          ;
0850  05CA  38              SEC                 ; Decrement exponent
0851  05CB  A513            LDA WORK+6
0852  05CD  E901            SBC #1
0853  05CF  8513            STA WORK+6
0854  05D1  850D            STA WORK            ; Test on zero result
0855  05D3  A514            LDA WORK+7
0856  05D5  E900            SBC #0
0857  05D7  8514            STA WORK+7
0858  05D9  050D            ORA WORK            ; Test on zero result
0859  05DB  D00B            BNE FDIV6
0860  05DD  28              PLP                 ; Restore carry (MS bit)
0861  05DE  A212            LDX #<WORK+5
0862  05E0  A005            LDY #5              ; Shift 5 byte
0863  05E2  200702          JSR ROTRIG          ; Shift in MS-bit
0864  05E5  4C7C04          JMP FMULRE          ; Denormalized, return
0865  05E8          ;
0866  05E8  28      FDIV6   PLP                 ; Restore carry
0867  05E9  90AA            BCC DLOOP           ; MS bit clear, continue
0868  05EB  A212            LDX #<WORK+5
0869  05ED  A005            LDY #5              ; Shift 5 byte
0870  05EF  200702          JSR ROTRIG          ; Shift in MS-bit
0871  05F2  4C4304          JMP MROUND          ; Round result and return (use part of
0872                        .END                                              FMUL
```

ERRORS: 0000 <0000>

Basicode3 voor DOS-65.

Voor DOS-65 bestaat sinds kort, naast een basicode2 programma ook een basicode3 programma. De maker, Frank Bens, beschrijft in het onderstaande verhaal dit vertaalprogramma.

Het programma is beschikbaar op het bulletin board en verkrijgbaar bij de DOS-65 coördinator Jan Derksen.

(Redactie).

Deze file geeft in beknopte vorm weer wat de mogelijkheden zijn van het BASICODE 3 vertaalprogramma versie 1.0 voor DOS65 computers.

Dit BASICODE-3 vertaalprogramma is geschikt voor alle DOS65 computers en is ongeveer 3K byte groot.

Het is geheel in BASIC geschreven, alleen de tekenroutine staat in machinetaal geschreven om de snelheid te verhogen.

Basic V2.00 en 1/065 V2.01 moeten in het systeem aanwezig zijn om de goede werking van het vertaalprogramma te waarborgen.

Om goed met het vertaalprogramma te kunnen werken dienen de volgende file´s in het systeem aanwezig of op diskette beschikbaar te zijn:

- BASICODE3.BAS (vertaalprogramma)
- BCODE3V1.DAT (bevat o.m. de plot routine)
- de VDU-EPROM geprogrammeerd met CHARGVID2 (karaktergenerator)

Tijdens de executie van BASICODE3.BAS wordt de file BCODE3V1.DAT in het geheugen geladen en wordt op het scherm zowel het versienummer van het vertaalprogramma als dat van de .DAT file vertoond, zodat U kunt zien met welke versie gewerkt wordt. Tevens komen er nog wat aanwijzingen, o.a. het gebruik van het MERGE commando, op het scherm.

Het is niet toegestaan om een BASICODE-3 programma incl. het vertaalprogramma op diskette te zetten. Dit is tegen het BASICODE protocol.

In het originele vertaalprogramma staat op regelnummer 1000 en hoger o.a. een commando dat de file BCODE3V1.DAT in het geheugen laadt. Na het runnen van het vertaalprogramma is dit commando verdwenen.

Daarom, wordt er een programma op disk gezet, moet dit vanaf regelnummer 1000 en in ASCII formaat gebeuren, omdat het MERGE commando uitsluitend ASCII file´s accepteert.

Houdt er ook rekening mee dat als er een file van cassette wordt geladen welke bij een bestandenprogramma hoort, deze in ASCII formaat met de extensie .VAR op disk wordt gezet.

Bijzonderheden en beperkingen.

Het tekstscherm kent TELETEXT-tekens. In het grafische scherm worden normale ASCII symbolen vertoond.

In de grafische mode staat het display op 9 scanlines i.p.v. 10 ingesteld, waardoor sommige kleine letters niet helemaal netjes vertoont worden.

Om een goed grafisch beeld te krijgen moet het scherm eerst gewist worden, waarna er dan willekeurig lijnen getrokken kunnen worden.

Wordt eerst een karakter geplaatst en daarna een lijnstuk door dit karakter getrokken dan zal dit verminkt worden. In omgekeerde volgorde: dus eerst een lijnstuk en daarna het karakter, dan zal deze niet verminken.

Daar het programma (nog) niet een eigen cassette routine bezit, is het (nog) niet mogelijk volgens het BASICODE-3 protocol een bestand naar cassette te zenden.

Het lezen van bestand files kan gebeuren m.b.v. het programma TAPE. De maximale regellengte is 78 karakters (zowel bij schrijven als bij lezen van bestanden).

Variable OT op regelnummer 21 moet voor een kloksnelheid anders dan 1MHz aangepast worden, daar anders de routine op 450 te snel verlaten wordt.

Cursorbesturing is mogelijk met ^H,^I,^J en ^K resp. links, rechts, omlaag en omhoog. De toets DELete (hex 7F) heeft de wisfunctie.

Afbreken van een programma is mogelijk met ^C, mits deze functie niet door het programma uitgeschakeld is.

NF = 0 t/m 3 hebben geen functie.

De routine op 400 produceert nog geen geluid, hieraan wordt gewerkt en t.z.t. zal er een printje met de geluidchip (6581) beschikbaar komen.

Volgt nu een opsomming van de diverse subroutine´s:

100 Schakel om naar tekstbedrijf en wis het scherm
110 Verplaats de cursor naar positie HO,VE
120 Registreer de cursorpositie in HO,VE
150 Print op opvallende wijze drie spaties;SR$;drie spaties
200 Geef een eventueel ingedrukte toets in IN$ en IN
speciale codes:
28 = cursor links
29 = cursor rechts
30 = cursor omlaag
31 = cursor omhoog
127 = wis/delete
verder geldt altijd: 32 <= IN <= 95
210 Wacht tot toetsindruk en geef deze in IN$ en IN
220 Geef in IN de code van wat op schermpositie HO,VE te zien is
N.B.: zie de toevoeging bij subroutine 200
250 Geef een piepje als attentiesein
260 Geef een randomgetal in RV zodat 0 <= RV < 1
270 Doe ´garbage collect´ en geef in FR het totaal aantal vrije bytes
280 Schakel de stoptoets in (FR=0) of uit (FR=1)
300 Geef in SR$ de tekstvorm van SR, zonder spaties
310 Geef in SR$ de tekstvorm van SR, geformatteerd conform CT en CN
330 Verander alle kleine letters in SR$ in hoofdletters
350 Stuur SR$ naar de printer
360 Sluit de printerregel af met wagenterug en papieropvoer
400 Maak een toon volgens SP, SD en SV
SP tooncode: 0=uiterst laag,
60=´Centrale C´,
127=uiterst hoog
SD toonduur in stappen van 0,1 seconde
SV volume: 0=stil, 7=normaal, 15=maximum
450 Wacht maximaal SD*0,1 seconden op een toetsindruk na afloop: toets in IN en IN$ conform de toevoeging bij subr. 200
SD verlaagd tot moment van toetsindruk of SD=0
500 Open bestand NF$ volgens code NF
NF=even: invoer,
NF=oneven: uitvoer
NF= 0 of 1 : BASICODE-cassette
NF= 2 of 3 : eigen systeemgeheugen
NF= 4 of 5 : diskette
NF= 6 of 7 : diskette
540 Lees in IN$ uit geopend bestand NF en in IN de status
IN=0: alles OK,
IN=1: einde bestand,
IN=-1: foutcode
560 Voer SR$ uit naar het geopende bestand met code NF
580 Sluit het bestand met code NF af
600 Schakel om naar grafisch bedrijf en wis het scherm
620 Plot een punt op positie HO,VE in kleur CN
630 Trek een lijn naar punt HO,VE in kleur CN
N.B.: 0 <= HO < 1 en 0 <= VE < 1
650 Print SR$ als tekst vanaf grafische positie HO,VE
950 Beeindig het programma en schakel de machine naar normaal bedrijf

REGELNUMMERS IN BASICODE-3

De voorgeschreven indeling voor de regelnummers in BASICODE-3 is:

0 - 999: De standaardroutines

1000: Verplicht van volgende vorm:

1000 A=<stringruimte>:
GOTO 20:REM programma-naam

1010 - 19999: Het hoofdprogramma

20000 - 24999: Eventuele machine-afhankelijke subroutines

25000 - 29999: DATA regels

30000 - 31999: REM-regels met korte programma-beschrijving en eventuele literatuurverwijzingen

32000 - 32767: REM-regels met de naam en het adres van de maker

Oudenbosch 29/03/1989

```
**********************************************************************
******                                                          ******
******          EEEE        CCCC          6     5555          ******
******          E           C            6      5             ******
******          E           C           6       5             ******
******          EEEE        C           6666    5555          ******
******          E           C           6  6    5 55          ******
******          E           C           6  6    5  5          ******
******          EEEE        CCCC         66     5555          ******
******                                                          ******
**********************************************************************
```

Eproms programmeren nu ook voor de >>> EC 65 <<<

Eindelijk is het dan zo ver de lang verwachte Eprom Programmer ook voor de Elektuur cq Octopus 65, Samson 65 of ander verwante namen.
Nu dan ook de hardware compleet met print en diverse (E)proms en een pal is uit gebracht ben ik naar aanleiding van een oproep op een bijeenkomst om de software die oorspronkelijk voor de Dos 65 is geschreven om te schrijven naar de Elektuur software onder OHIO OS-65 D V3.3 disk operation system.
Daar het nog vrij gecompliceerd is om deze software om te schrijven is het mij Ton Smits en Paul van Oers gelukt om dit toch compatible met DOS 65 te houden.
De software nl. 2 schijven geheel onafhankelijk van elkaar werkend.
Ten eerste een programma waar mee je de hardware en diverse voedingspannigen mee kunt kontroleren testen en afregelen.
Ten tweede een programma waarmee je de eproms mee kan programmeren.
Daar dit VOORLOPIGE VERSIES zijn maar wel werken ben ik nog druk doende bezig om enkele bugs die nog in de beide programma's zitten er uit te halen.
De 2 schijven 40 of 80 tracks 1 en/of 2 MHZ wel op geven bij Uw bestelling zijn alleen te verkrijgen als je de print met (E)proms en pal want zonder deze essensieele onderdelen werkt de Eprommer niet.
De Monitor Eprom hoeft niet perse gewijzigd te worden, maar is wel aan te bevelen om dit te doen, nl dan wordt de EP kaart gelijk geinitialiseerd bij het aanzetten van de computer.
Daar er een wild groei onder de Elektuur Monitor Eprom in de jaren is ont staan is het vrij moeilijk om een goede oplossing te geven namelijk iedereen wijzigde naar eigen inzicht zijn of haar Eprom ten gevolge niemand was of is nog compatible met elkaar, om hier een eind aan te maken heb ik de orginele Eprom van ELEKTUUR gedeeltelijk veranderd.
De noodzakelijke wijzigingen zijn als volgt:
Als je nog de orginele eprom van Elektuur met bij behorende sourses bezit is het heel eenvoudig .
Onder staande gegevens gelden alleen voor de sourse geassembleerd onder MICRO-ADE deze assember staat op schijf 5 en 5 a van de OHIO diskettes.

In de sourse vindt je in het begin van het deel SAMVID de diverse tabellen om verschillende beeldformaten te kiezen .

De wijzigingen zijn als volgt:
In de orginele sourse vindt je een stuk sourse genaamd :

MOVE THE CRT FILE FROM ROM TO RAM genaamt met label: MOVCRT (F3E1)

Dit doet niets anders dan de data die in Eprom monitor staat te copieeren naar RAM , daar er verschillende tabellen mee te kiezen zijn moet men er enige wijzigingen in aanbrengen zodat er nog maar EEN tabel mee wordt gekozen, namelijk het beelscherm formaat 80 * 24

ER STAAT IN DE SOURSE:

```
LABEL     MNEMONICS      COMMET

MOVCRT    LDAIM REFRAM   START AT HERE
          LDXIM REFRAM /256
          STA   RAMBEG
          STX   RAMBEG +01
          LDAIM $00
          TAY
          LDX   FORMAT   GET THE CURR.
          BEQ   MCRTB    FORMAT.
MCRTA     CLC
          ADCIM $12      COMPUTE THE INDEX
          DEX
          BNE   MCRTA    ALL DONE ?
MCRTB     TAX
MCRTC     LDAX  CRTINA
          STAY  TABLE    MOVE THE TABLE
          INX
          INY
          CPYIM $12      COMPUTE THE INDEX
          BNE   MCRTC
          DEY
          LDAY  TABLE    SET SCREEN PARA-
          STA   LPSCR    METERS
          DEY
          LDAY  TABLE
          STA   CHAPLN
          RTS

          **************************
          *** CRT TIMING TABLES ***
          **************************

CRTINA    =$ 7F 50 60 08 21 06 18 1C
          =$ 00 08 00 09 00 00 00 00
          =$ 50 18

          =$ 64 40 52 05 22 00 18 1C
          =$ 00 08 00 09 00 00 00 00
          =$ 40 18

          =$ 46 30 3A 05 16 0E 0C 12
```

ER KOMT TE STAAN IN DE SOURSE:

```
LABEL     MNEMONICS      COMMET

MOVCRT    LDAIM REFRAM   START AT HERE
          LDXIM REFRAM /256
          STA   RAMBEG
          STX   RAMBEG +01
          TAY
          LDXIM $00      GET THE CURRENT
          TAX            FORMAT
MCRTC     LDAX  CRTINA
          STAY  TABLE    MOVE THE TABLE
          INX
          INY
          CPYIM $12      COMPUTE THE INDEX
          BNE   MCRTC    ALL DONE ?
          DEY
          LDAY  TABLE    SET SCREEN PARA-
                         METERS

          STA   LPSCR
          DEY
          LDAY  TABLE
          STA   CHAPLN
          RTS

CRTINA    =$ 7F 50 60 08 21 06 18 1C
          =$ 00 08 00 09 00 00 00 00
          =$ 50 18

EPROM     LDYIM $FF GET VALUE DDR REG.
          LDAIM $00 AND VALUE DDR ACCES.
          STA   PCRA SET DDRA ACCES.
          STA   PCRB SET DDRB ACCES.
          STY   PORA SET PORT A OUTPUT
```

```
        =$ 00 0C 00 09 00 00 00 00
        =$ 30 0C

        =$ 38 18 26 05 22 00 18 1C
        =$ 00 08 00 09 00 00 00 00
        =$ 18 18
```

```
        STY   PORB SET PORT B OUTPUT
        LDAIM $04  VALUE FOR PORT ACC.
        STA   PCRA SET PORT A ACC.
        STA   PCRB SET PORT B ACC.
        INY
        STY   PORA SET ALL ADDRES LINES
        STY   PORB TO ZERO
        TYA   A=0
        DEY   Y=$FF
        STY   VDDRA SET VIA PORT A
        STA   VORANH SET DATA BUS
        STY   VDDRB  SET VIA PORT B
        STA   VORB   SET CONTR TO ZERO
        JMP   INICEN INIT CENTRONICS
          =$  FF FF FF FF FF FF FF FF
          =$  FF FF FF FF FF FF FF FF
          =$  FF
```

Verder in de bij de pointers and temps :
toevoegen na FILES * KPDOX +01 ; CCP OF ASM/WP BUFFER

```
EPBASE  * $E180    SET TO BASE EPROMMER CARD
VIA     * EPBASE
VORB    *  VIA     VIA OUTPUT REGISTER B
VORA    *  VIA +01 VIA OUTPUT REGISTER A
VDDRB   *  VIA +02 DATA DIR. REG. PORT B
VDDRA   *  VIA +03 DATA DIR. REG. PORT A
VORANH  *  VIA +0F VIA PORT A. NO HAND SHAKE
PIA     * EPBASE +10  BASE ADDRESS OF PIA
PORA    *  PIA     PORT A DATA DIR REG A
PCRA    *  PIA +01 CONTROL REGISTER A
PORB    *  PIA +02 PORT B DATA DIR REG B
PCRB    *  PIA +03 CONTROL REGISTER B

INICEN * $F6F1  RETURN TO INITIALIZE CENTRONICS
```

Als je deze gegevens heb ingevoerd zo als hier boven en je assembleerd
dit dan moet dit gaan van $ F000 tot $F45C is totaal 1117 bytes.

Dan het volgende gedeelte van de MONITOR EPROM sourse genoemd: SAMMON.

In de EQU list external addresses TOEVOEGEN NA

```
   KERNEL   *  $2547  SWAP $0213...$0216 AND GO TO KERNEL
   EPROM    *  $F41C  INITIALIZE EPROMMER VIA AND PIA
```

Verder in de sourse onder de kop MONITOR met label INITPR (F811)
zoeken naar JSR INICEN INIT. CENTRONICS (F82B)
veranderen in JSR EPROM INITIALIZE EPROM CARD

Daar ik weet dat er nog verschillende bugs in het programma EP EN EPTEST
kunnen zitten oa in het programma EPTEST met de space balk is niet uit
een bepaalde testroutine te komen.
In EP een 27512 is nog niet te programmeren dit gaat bij het eerste bit al

fout verder kunnen er nog wel enkele andere storende fouten in het programma voorkomen, maar dit zal ik in de komende maanden waarschijnlijk tegen de winter wel verholpen hebben .
Graag wil ik bij deze vragen de mensen die de software voor de >>> EC-65 <<< bestellen hun klachten, bevindingen aan het onderstaande adres bekend te maken zodat tegen de winter alle bugs uit het programma zijn.

Gelieve deze te zenden aan :

T.SMITS
DE MEREN 39
4731 WB OUDENBOSCH

De definitieve versies worden tzt in de UP KENNER bekend gemaakt en zijn verkrijgbaar bij bovenstaand adres dit geldt alleen voor degene die de voor lopige versie in het bezit hebben.
In de totale prijs van de hardware zit nl de software inbegrepen zowel voor de versie voor DOS 65 als voor de >>> EC-65 <<< versie.
De totale prijs voor zowel voor de DOS 65 als voor de >>> EC 65 <<< versie include pal + proms + enkelzijdige hoofdprint + hulp print voor de programmeer voet en programatuur bedraagd FL 125,-
Mochten er programmeer problemen zijn dan ben ik wel bereid om de orginele MONITOR SAMMON die ik zelf gebruik tegen kostprijs van porto + eventueel opgestuurde eprom te programmeren.
De beschrijving die bij de EP en EPTEST geleverd wordt kùn je wat betreft de versie voor >>> EC-65 <<< aanhouden mochten er enkele veranderingen zijn ten opzichte van DOS 65 dan zal dit in de UP Kenner bekend gemaakt worden.
De jumpers voor de kaart selectie zijn het zelfde nl: $ E180
verder is het start adres voor RAM defauld waarde $1000 bij DOS 65 bij >>> EC-65 <<< verhoogd naar $4000 i.v.m kernel op $2300 ev.
Verder wil ik op deze plaats Nico de Vries bedanken voor het beschikbaar stellen van de software van EPTEST EN EPTEST PROGRAMMA.

HARDWARE

Nieuwe prijzen voor EP hardware.

Eindelijk is het zover: de printen voor de EPROMprogrammer EP zijn leverbaar. De printen zijn echter wat duurder uitgevallen dan wij oorspronkelijk hebben voorzien. Daarom is in overleg met het bestuur gesloten de prijzen iets te verhogen.
Diegenen die reeds in het vorige jaar besteld hadden hebben uiteraard voor de oude prijs geleverd gekregen. De nieuwe prijzen gelden reeds vanaf 1 maart jongstleden.

De prijzen zijn nu:

Printen, floppy disk en componenten opstellingen: hfl. 85.-

Printen, floppy disk, componenten opstellingen, PROM, EPROM en PAL: hfl. 105.-

Printen, floppy disk, PROM, PAL en EPROM, manuals op papier: hfl. 125.-

Dit alles wordt veroorzaakt door het feit dat vooral de basisprint behoorlijk duurder is uitgevallen dan oorspronkelijk gecalculeerd. Daarentegen vielen de ZIF-print, de PALs, PROMs en EPROMs alsmede de kopieerkosten voor de manuals aanzienlijk voordeliger uit, reden waarom vooral de losse printen drastisch in prijs verhoogd moesten worden, en dat de prijsverhoging voor het complete pakket beperkt kon blijven. Het bestuur hoopt dat u begrip voor de verhoging zult kunnen opbrengen.

Namens het bestuur: N. de Vries.

EP: Errata.

Door: Nico de Vries.

Nu de definitieve versie er is, komen er ook wat kleine noodzakelijke wijzigingen boven water. Het blijkt aan te bevelen te zijn de L200 regelaars te voorzien van een kleine koeling. Als u alle regelaars op een klein stripje aluminium monteert, worden ze niet heet. Ongekoeld blijven de regelaars wel heel, maar u kunt uw vingers eraan branden.....
Positief is deze melding: tot op heden heeft nog geen der 12 bestellers met een hardwareprobleem gebeld. Soms gaat er toch nog wel eens iets goed.....

Computers..... (deel 3).

Door Gert van Opbroek
Bateweg 60
2481 AN Woubrugge
01729-8636

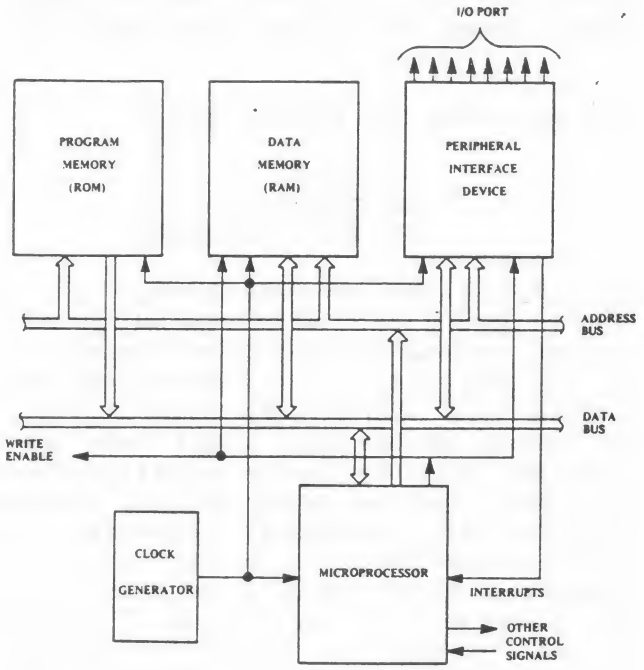
Inleiding.

In het eerste deel van de serie heb ik het gehad over de globale opbouw van de computer. In de tweede aflevering hebben we het geheugen van een computer bekeken. In deze aflevering wil ik het werkpaard, de CPU of processor, wat nader bekijken. Uiteraard bekijken we hoe de processor logisch in elkaar zit en werkt en niet hoe het electronisch allemaal gaat. In de eerste plaats vindt ik dat niet echt interessant en in de tweede plaats weet ik het niet en ik zou ook niet weten waar ik dat zou kunnen vinden.

Tenslotte nog een opmerking over de voorbeelden die gegeven worden. Specifieke voorbeelden hebben altijd betrekking op een bepaald type processor; daar is natuurlijk niets aan te doen. Wel is het zo dat vrijwel alle microprocessors vergelijkbare mogelijkheden hebben en op een vergelijkbare manier werken. Een uitzondering hierop vormt misschien de ARM (**A**corn **R**isc **M**achine). Dit is namelijk een echte RISC (**R**educed **I**nstruction **S**et **C**omputer) die nogaal afwijkt van de CISC- (**C**omplex **I**nstruction **S**et **C**omputer) waaronder de andere processors vallen. Voor een vergelijking tussen CISC en RISC wordt verwezen naar [1]. De ARM is het hart van de ACORN ARCHIMEDES.

De Processor.

In figuur 1 is de opbouw van een microcomputer nogmaals weergegeven [2]. We zien de processor weer met de klok, het geheugen en de programmeerbare I/O. Tussen deze onderdelen lopen de adres- data- en control- of stuurbus. In de meeste systemen is de processor een IC (**I**ntergrated **C**ircuit of geïntergreerde electronische schakeling) met bijvoorbeeld 40 of 64 pootjes. Hoe breder de adres- en databus zijn, hoe meer pootjes de processor over het algemeen zal hebben. Het komt echter ook vrij vaak voor dat enkele pootjes voor twee signalen gebruikt worden. Dit kan bijvoorbeeld een adres- en een datasignaal zijn. Een signaal in de stuurbus geeft dan aan of het betreffende signaal een adres is of data. Deze techniek heet multiplexing en men zegt dan wel dat de processor een gemultiplexte bus heeft.



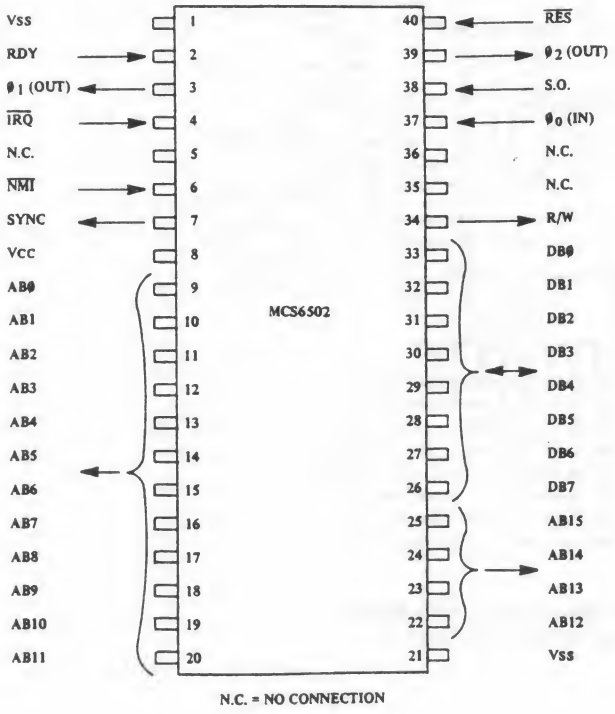
Organization of Microcomputer System

Figuur 1.

Een leuke anecdote is misschien wel het ontstaan van gemultiplexte bussen. Processors worden uiteraard door IC-fabrikanten zoals Intel en Motorola gemaakt. Nu is het maken van een gemultiplexte bus extra werk omdat er in het IC meer electronische schakelingen nodig zijn om het multiplexen voor elkaar te krijgen. Dat doe je dus niet zomaar. In het begin hadden we voornamelijk te maken met processors met 8 bits databus en 16 bit adresbus. Dat zijn dus al 24 pootjes. Daarbij komt dat de voeding (2 tot 4 pootjes), de aansluiting voor de klok (+/- 3 pootjes) en nog wat andere stuursignalen, kortom 40 pootjes is ruim voldoende. Later ontstond de behoefte aan bredere bussen, bijvoorbeeld 24 adreslijnen en 16 datalijnen. Dat krijg je met 40 pootjes nooit voor elkaar als je elk pootje z'n eigen functie geeft. Dan kun je natuurlijk het IC meer pootjes geven echter..... Meer pootjes aan het IC betekent ook dat bijvoorbeeld de testapparatuur in de fabriek een IC met meer aan-

sluitingen moet kunnen verwerken en die apparatuur was bijna allemaal ontwikkeld voor IC's met maximaal 40 pootjes; kortom de stap van IC's met 40 pootjes naar IC's met 64 pootjes bracht een relatief grote investering met zich mee, zo groot dat men in eerste instantie liever de schakelingen in het IC wat moeilijker maakte en de bussen ging multiplexen. Momenteel gelden deze begrenzingen eigenlijk niet meer, er zijn nu IC's met meer dan honderd pootjes. Die worden dan verdeeld over bijvoorbeeld 32 adreslijnen en 32 datalijnen en nog een handvol stuurlijnen.

In figuur 2 [2] is schematisch weergeven waar de 40 pootjes van een 6502 voor dienen. De belangrijkste zijn de adresbus (AB), de databus (DB), de klok (Ø) en de voeding (Vcc, Vss). De overige signalen zijn onderdeel van de stuurbus en komen later aan de orde.



MCS6502 Pinout Designation

Figuur 2.

Intern is een processor, net als elk ander IC, opgebouwd uit min of meer normale onderdelen: transistoren, weerstanden en condensatoren. Met deze onderdelen zijn normale electronische schakelingen gebouwd die echter niet op een printplaat gesoldeerd zijn, maar door middel van diverse diffusie- en opdamptechnieken in een stukje halfgeleidermateriaal (silicium) zijn aangebracht. Dit stukje silicium wordt de chip (het schijfje) genoemd.

Hoe één en ander in zijn werk gaat en hoe de schakeling van de diverse circuits is, valt buiten dit artikel. Wij beschouwen het IC vanaf nu als een black box (ze zijn toch ook bijna altijd zwart) met een aantal functies en een aantal aansluitingen. In de volgende paragrafen wordt dus de logische werking van de processor beschreven.

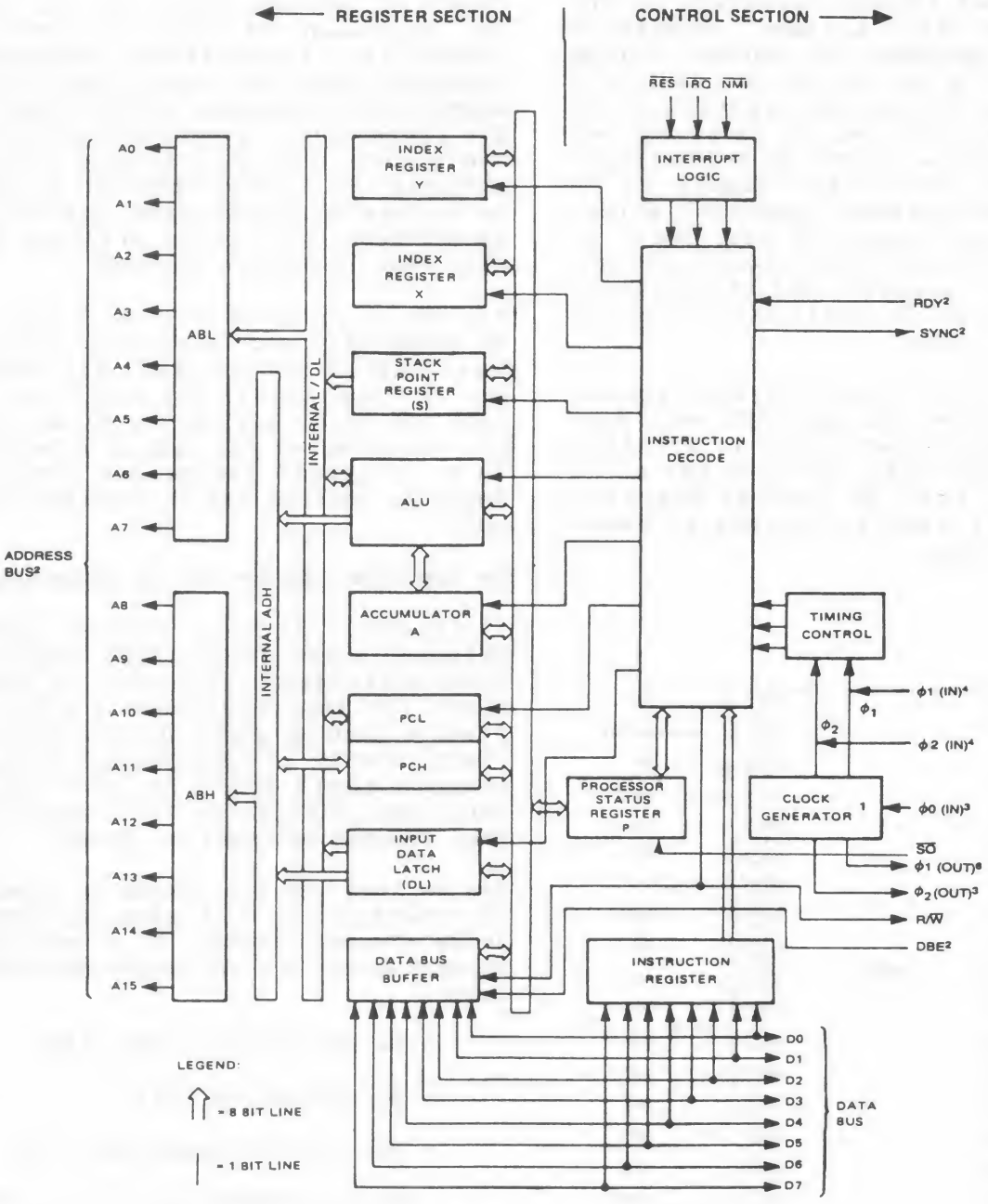
De logische opbouw van de processor.

In figuur 3 [3] is de interne opbouw van (alweer, sorry 68000, 8088 bezitters) de 6502 weergegeven. De 6502 is weergeven omdat het interne schema nog net in een plaatje past en omdat de processor nog een klein beetje overzichtelijk blijft. Processors zoals 68000 en 8088 hebben nog veel meer blokjes en zijn eigenlijk niet meer schematisch weer te geven.

Aan de hand van het schema in figuur 3 zal ik trachten uit te leggen hoe een gemiddelde processor werkt. In de eerste plaats hebben we met de volgende onderdelen te maken:

- De adresbuffer (ABL, ABH)
- De databuffer (DB)
- Het instructieregister (IR)
- De programmateller (PCL, PCH)
- De instructie decodering

Verder komt in de volgende beschrijving de accumulator of accu naar voren. Dit is een zogenaamd register. In dit register komt het resultaat van een bewerking terecht. In het voorbeeld wordt steeds uitgegaan van de LOAD-instructie waarbij de accu met een bepaald getal geladen moet worden. Als voorbeeld van een instructie die allen intern werkt, is de CLEAR CARRY instructie gekozen. Deze instructie vult een bit (het zogenaamde carry-bit) in het processor status-register met de waarde 0.



NOTE

1. CLOCK GENERATOR IS NOT INCLUDED ON R6512, R6513, R6514 AND R6515.
2. ADDRESSING CAPABILITY AND CONTROL OPTIONS VARY WITH EACH OF THE CPUs.
3. R6502, R6503, R6504, R6505, R6506 AND R6507.
4. R6512, R6513, R6514 AND R6515.
5. R6512 ONLY.
6. R6502 ONLY.

R650X and R651X Internal Architecture

Figuur 3

Zoals in het vorige deel al is aangegeven, staat het programma dat de processor uit moet voeren in het geheugen van de computer. Om dit programma uit te voeren, moet de processor dus de opdrachten (instructies) uit het geheugen lezen. Dit gaat als volgt:

1.0: Zet de inhoud van de programmateller in de adresbuffer

1.1: Maak het signaal R/W (in de stuurbus) hoog om aan het geheugen duidelijk te maken dat de processor wil lezen

1.2: Na enige tijd (op een niveauverandering van een kloksignaal) staat de inhoud van de geheugenlocatie op de databus en wordt ingelezen in het instructieregister

1.3: De inhoud van de programmateller wordt met 1 verhoogd en de instructie wordt door de processor gedecodeerd

Dit is het eerste deel van de bewerkingen die een processor uitvoert om een instructie uit te voeren. Dit eerste deel heet de "opcode fetch" of te wel het ophalen de instructie. Voor elke instructie is er een unieke code (bitpatroon) en aan de hand van deze code weet de processor wat hij moet gaan doen. Deze code heet "Opcode" en beslaat bij de 6502 8 bits (een byte). Er kunnen op een 6502 dus maximaal 256 instructies gecodeerd worden. Bij de 68000 is voor de opcode twee byte beschikbaar zodat deze processor in theorie ruim 65000 verschillende instructies zou kunnen hebben. Hoewel de 68000 zeer veel instructies heeft, zijn niet alle mogelijke opcodes in gebruik. Ook bij de 6502 is er nog enige ruimte in het instructieset die echter bij de 65C02 al weer enigzins is opgevuld.

Na het inlezen en decoderen van de instructie kan het voorkomen dat de processor alle gegevens voor het uitvoeren van de instructie tot zijn beschikking heeft. De processor kan dan zijn taak uitvoeren. (Voorbeeld: Maak de carry-vlag 0; CLC). In dit geval gaat de processor dus verder met:

2.0: Voer de instructie uit.

Nu zal het echter zeer vaak voorkomen dat er voor de uitvoering van de instructie meer gegevens nodig zijn. Een voorbeeld is de instructie: Zet het getal 10 in de accumulator (LDA #10). In het programma staat dan eerst de opdracht (bij 6502 $A9 = LDA #) gevolgd door het getal 10. De processor gaat in dat geval op de volgende manier verder:

2.0: Hé het is LDA #, ik moet data ophalen; zet de inhoud van de programmateller in de adresbuffer

2.1: Maak R/W hoog

2.2: De inhoud van het geheugen komt terecht in de databuffer; kopieer deze naar de accumulator

2.3: Verhoog de programmateller met 1

Elke processor heeft een aantal verschillende mogelijk heden waarop hij bij de data kan komen. Dit noemen we de adresseermogelijkheden (adressing modes). In het bovenstaande voorbeeld heb ik de immediate adressering beschreven. Dit wil zeggen dat de data meteen na de opcode in het programma staat. Elke mij bekende processor heeft deze mogelijkheid.

Een tweede mogelijk die bij elke processor voorkomt is de absolute addressering. Dit wil zeggen dat na de opcode in het programma het complete adres van de data staat. Op een 6502 betekent dit dat na de opcode van 8 bits (1 byte) twee byte met het adres van de data staat. De processor handelt nu als volgt:

2.0: Verd.... absolute adressering; zet de inhoud van de programmateller in het adresbuffer

2.1: R/W .....

2.2: Het ingelezen byte kopieren uit de databuffer naar de input data latch

2.3: De programmateller weer met 1 verhogen

3.0: Inhoud van de programmateller in de adresbuffer

3.1: R/W .....

3.2: Het ingelezen byte kopieren uit de databuffer naar het hoge byte van de adresbuffer; de inhoud van de data latch gaat naar het lage byte van de adresbuffer

3.3: De programmateller (alweer) met 1 verhogen

4.0: Adresbuffers zijn gevuld

4.1: R/W .....

4.2: De inhoud van de databuffer kopieren naar de accumulator

Het bovenstaande schema kan sterk uitgebreid zijn. Het kan bijvoorbeeld zijn dat we na de opcode een adres hebben staan dat wijst naar één of meer locaties waarvan de inhoud het adres zijn waar de data te vinden is (ga naar bosweg 13 en vraag daar waar D. Ata woont). Dit laatste noemen we indirecte adressering. Ook kan het zijn dat bij de berekening van het adres de inhoud van het één of andere register bij het adres opgeteld moet worden. De 6502 heeft speciaal voor dit doel de twee indexregisters X en Y die ook in figuur 3 staan. Geindexeerde adressering gaat op de volgende manier: Bij het adres wordt de inhoud van het indexregister opgeteld waarna het adres van de data ontstaat dus: D. Ata woont in het derde huis na bosweg 9.

Wat we in de bovenstaande beschrijving meteen kunnen zien, is dat op een 6502 instructies die intern werken twee cycli doormaken en instructies met een absolute adressering 4. Bij de 6502 is een cyclus precies een periode van de klok zodat een instructie met absolute adressering twee keer zo lang duurt als een instructie die intern werkt. Wordt de adresberekening moeilijker, dan duurt het meteen ook langer. Als vuistregel kunt u het volgende schema hanteren:

- In de eerste cyclus wordt de opcode opgehaald (instructie fetch)

- Als de instructie niet intern werkt, dan wordt in de volgende cycli het adres van de data berekent. Om dit te berekenen moet de processor informatie uit het geheugen halen. Hij kan bij elke cyclus informatie ter breedte van de databus ophalen. Heeft een 6502 dus voor de benadering van zijn operand 3 byte nodig dan zijn hiervoor 3 cycli nodig

- Als er voor de benadering van de data berekeningen nodig zijn, dan kost dit een extra cyclus (bijvoorbeeld het optellen van het indexregister bij het adres)

- Het benaderen van de operand kost hierna evenveel cycli als nodig is om de operand over de databus te transporteren (dus bij 68000 een operand van 32 bit over de 16 bit databus: 2 cycli).

- Nadat de operand opgehaald is, moet de instructie nog uitgevooerd worden. Hij moet bijvoorbeeld nog bij de inhoud van de accu opgeteld worden. Vaak kost het uitvoeren van een instructie ook nog een aantal cycli. De 68000 bijvoorbeeld heeft een instructie voor het vermenigvuldigen. Deze instructie heeft, afhankelijk van de waarde van de operanden tot ongeveer 15 cycli (= 60 klokpulsen) voor alleen de uitvoering nodig. Bij de 6502 heeft elke instructie voor de uitvoering slechts één cyclus nodig en meestal wordt dit gedaan tijdens de opcode fetch van de volgende instructie. Zodoende heeft een ADC # (Tel bij de accu het volgende getal op) effectief slechts 2 cycli nodig; in de eerste wordt de opcode opgehaald in de tweede wordt de operand ingelezen en in de derde wordt de optelling uitgevoerd. In deze derde cyclus wordt echter ook al weer de volgende opcode opgehaald en gedecodeerd. Deze techniek wordt "Pipelining" genoemd en werkt perfect zolang de processor weet waar hij de volgende opcode kan vinden, kortom zolang hij een programma van boven naar beneden af kan werken.

In het bovenstaande verhaal is het ophalen van een instructie en de bijbehorende gegevens besproken. Laten we nu eens kijken hoe de instructie uitgevoerd wordt.

Meestal is het zo dat de processor gegevens uit het geheugen haalt en hier intern iets mee doet (bijvoorbeeld haal een getal uit het geheugen en tel dit bij een register op) of gegevens ergens uit de processor in het geheugen schrijft (bijvoorbeeld schrijf de inhoud van een register in het geheugen). Bij het eerste type wordt het geheugen dus benaderd om te lezen en bij het tweede type om te schrijven. Verder zijn er een aantal operaties die alleen intern binnen de processor werken en tenslotte bestaan er ook nog een aantal instructies waarbij de inhoud van een geheugenplaats gelezen wordt, deze gegevens worden gewijzigd en daarna worden de nieuwe gegevens teruggeschreven naar de oude geheugenplaats. Dit zijn de zogenaamde "Read-Modify-Write" operaties zoals bijvoorbeeld: Tel 1 bij geheugenplaats xxx op (INC). Omdat het halen en brengen van gegevens uit resp. naar het geheugen vrij veel klokpulsen vragen, hebben processoren zogenaamde registers. In wezen zijn dit geheugenplaatsen binnen de processor. De 6502 kent één register, bedoeld voor de bewerking van data. Dit register heet de accumulator of accu. De 68000 heeft

16 registers waarbij er acht speciaal voor het bewerken van data en acht speciaal voor het bewerken van adressen bedoeld zijn. Het aantal bits in de registers is ook sterk van de processor afhankelijk. Een 6502 heeft bijvoorbeeld een 8-bits accu en bij een 68000 zijn de registers allemaal 32 bit breed. Het werken met en op registers heeft als voordeel dat het veel sneller gaat; we hoeven namelijk niet iedere keer het (voor de processor) langzame geheugen te benaderen.

In het plaatje van de 6502 zien we naast de accumulator één van de belangrijkste elementen in een processor: de ALU of **A**rithmetic and **L**ogical **U**nit. Dit onderdeel is verantwoordelijk voor alle bewerkingen op de interne registers met uitzondering van de programmateller. De ALU doet dus het eigenlijke werk (optellen, aftrekken, schuiven, roteren.....). Een ALU komt in elke processor voor waarbij, afhankelijk van het instructieset, de ALU natuurlijk meer en minder bewerkingen uit kan voeren. Verder kan de ALU uit pure electronische schakelingen bestaan of zelf ook weer een microprocessor zijn met een eigen programmaatje voor het uitvoeren van de instructies. Dit programmaatje heet dan microprogramma en is geschreven in microcode. Voor dit artikel is dit verder niet van belang.

De indexregisters X en Y uit het plaatje zijn typisch voor de 6502. In bepaalde gevallen wordt de inhoud van één van deze registers opgeteld bij een adres zodat er een nieuw adres ontstaat. De meeste processors kennen wel een vorm van geïndexeerde adressering maar niet elke processor heeft speciale registers voor dit doel.

In de linker kolom hebben we dan nog één blokje niet besproken: Het stack pointer register of de stack pointer. Dit register komt op elke processor voor waarbij de precieze uitvoering van processor tot processor verschilt. Het basisprincipe is als volgt: In de stackpointer staat een adres. Dit adres is de bovenkant van een stapel of stack. Als we nu tijdelijk iets ergens op willen bergen dan zetten we dit op de stack wat als volgt in zijn werk gaat:

> Verlaag de inhoud van de stack pointer met 1
>
> Schrijf datgene wat je kwijt wilt weg in de locatie die aangegeven wordt door de stackpointer

Willen we het weer van de stack afhalen, dan gaat dat als volgt:

> Haal de inhoud van de locatie waarna de stack pointer wijst op
>
> Verhoog de stack pointer met 1

In het bovenstaande voorbeeld wordt uitgegaan van een stack die van hoog naar laag adres loopt en dat de stack pointer naar de bovenste gevulde locatie wijst. Bij de 6502 loopt de stack ook van hoog naar laag maar wijst de stack pointer naar de eerste vrije locatie. Verder is het natuurlijk zo dat als we op een machine met een databus van 16 bits een 16 bits getal op de stack willen zetten, de stackpointer niet met 1 maar met 2 veranderd wordt. Het basisprincipe blijft echter altijd hetzelfde en wordt wel eens vergeleken met een prikker voor memo-briefjes, een ijzeren pen op een bijvoorbeeld houten voet, waar memobriefjes opgeprikt worden. Het kenmerk van een stack is dat hetgeen er als laatste op terecht gekomen is, er weer als eerste afgehaald wordt. (**L**ast **I**n, **F**irst **O**ut).

Rechts onder in het plaatje zien we dan nog het processor status register. Dit register wordt ook wel het vlaggenregister genoemd. De inhoud van dit register geeft aan wat de toestand van de processor na het uitvoeren van een instructie is. Als de laatst uitgevoerde bewerking als resultaat 0 (nul) had, dan wordt dit aangegeven doormiddel van de **Z**ero vlag. Had de laatste bewerking als resultaat een negatief getal (Hoogste bit 1, zie ook [4]) dan wordt dit aangegeven door middel van de **N**egativ vlag. Verder kennen alle processors minstens een zogenaamde **C**arry en o**V**erflow vlag. Aan de vlaggen kunnen wij en de processor dus zien wat er aan de hand is en of bepaalde stukken programma misschien overgeslagen kunnen worden.

Als laatste vinden we rechts boven in het plaatje een blokje met interrupt logic. Een interrupt is het onderbreken van het normale werk van een processor om hem eerst iets anders te laten doen. Over interrupts valt echter zoveel te vertellen dat ik dat graag in een volgende aflevering van de serie wil doen.

Zo, al met al heb ik nu ruim vier pagina's volgeschreven over de logische opbouw van een processor waarbij ik vooral uitgegaan ben van de 6502. Ik denk dat het nu toch wel zijn plaats is aan te geven wat de verschillen met andere processoren zijn.

Ik denk dat deze verschillen eigenlijk heel klein zijn. Een processor als de 68000 of de 8088 heeft wel meer registers maar in het gebruik maakt dat weinig uit. Bij een 6502 moeten we tussenresultaten terugschrijven naar het geheugen terwijl we bij de 68000 gewoon een ander register nemen maar aan het principe van de werking verandert in wezen niets. Een tweede verschil is natuurlijk het aantal bits in, met name de accumulator. Als er in een register meer bits opgeslagen kunnen worden, worden sommige dingen eenvoudiger te programmeren waardoor de zaken sneller afgehandeld kunnen worden. Ook de adresseermogelijkheden verschillen zeer sterk. Elke processor heeft zijn eigen specifieke set adresseermogelijkheden en daar wil ik in de komende aflevering nog op terugkomen. Verder is het natuurlijk zo dat de ene processor andere instructies heeft dan de andere. Een 68000 kan bijvoorbeeld twee gehele getallen op elkaar delen en de 6502 kan dit niet. Ik denk echter niet dat veel mensen deze mogelijkheid op de 6502 missen want op een 68000 wordt hij vrijwel nooit gebruikt..... In mijn artikel over RISC en CISC wordt uitgelegd dat veel instructies eigenlijk erg slecht is en dat we veel beter een beperkt, goed uitgedacht instructieset kunnen hebben.

Afsluiting.

Ik denk dat de inhoud van dit artikel zeer pittige kost is. Mensen die echt precies willen weten wat er in een computer gebeurt, zouden toch de moeite moeten nemen dit artikel te lezen en te proberen het te begrijpen. Verder vindt ik dat als je echt nauw in contact met de processor wilt komen, dat je toch eens in assembler moet programmeren. Je bent dan gedwongen het instructieset en de adresseermogelijkheden van de processor te bestuderen. In dit kader wil ik voor 6502-ers verwijzen naar de artikelen van Antoine Megens en voor 8088-ers naar de artikelen van Nico de Vries die toegezegd heeft het programmeren in assembler ook te zullen behandelen. Voor 68000-fanaten (waartoe ik ook behoor) zal ik in de nabije toekomst wat meer aan assembler-programmering voor 68000 gaan doen.

In de volgende aflevering van deze serie zullen we ons bezig gaan houden met adresseermethoden en instructiesets waarna daarna waarschijnlijk de tijd rijp geworden is om eens iets aan I/O te gaan doen. U ziet, de excursie door de machine is nog laog niet ten einde, tot de volgende keer dus.

P.S. Laat me eens weten wat u van deze artikelenreeks vindt. Is het te moeilijk, te gemakkelijk of vind u dat hetgeen u wilt weten niet aan bod komt. Hierbij is mijn eigen doelstelling nog steeds gelijk aan zoals ze in de eerste aflevering geformuleerd is: het inwijden van beginners in de werking van een computer.

Wilt u reageren, dan kunt u mij het beste schriftelijk of via het bulletin board benaderen. Telefonisch is ook mogelijk waarbij er een tamelijk grote kans bestaat dat ik niet thuis ben. U kunt dan het beste aan mijn vrouw vragen of ik u terug wil bellen, wat ik dan ook zeker zal doen.

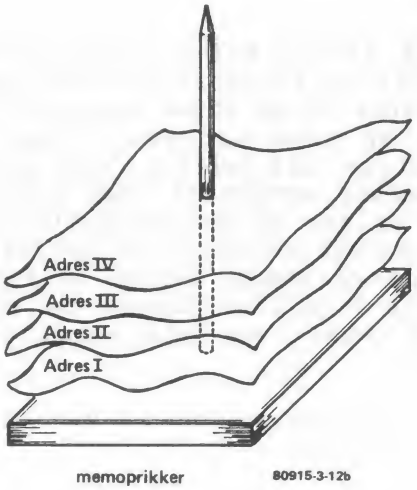
Referenties.

1: G. van Opbroek: CISC en RISC, een inleiding, De 6502 Kenner 57, pag. 28 (augustus 1988)

2: Synertek Inc.: SY6500/MCS6500 Microcomputer Harware Manual (augustus 1976)

3: Rockwell: R650X and R651X Microprocessors (CPU) datasheet Rev. 7 (oktober 1984).

4: G. van Opbroek: Getallen deel 1, De 6502 Kenner nr. 58 pag. 34 (oktober 1988



TRACER
======

Door: Frank Vandekerkhove

Dit programma is enkel en alleen een aanpassing van een programma dat in Elektuur gestaan heeft. De bedoeling was om een tracer te maken zonder hardware aanpassingen/toevoegingen en waarbij het mogelijk zou zijn bepaalde gedeeltes niet te tracen, want dit programma volgt letterlijk alles, ook alle subroutines in bv. de BIOS. Voorts zou een ingebouwde disassembler ook welkom zijn en zo heeft iedereen wel zijn wensen. Ik was al blij dat dit programma werkt en hoop mijn luchtkastelen ooit op de aarde te zetten. Misschien lukt u dat wel beter/sneller.

```
; 6502 tracer
; Elektuur feb. 1984, blz. 66
; door J. Ruppert
;
; aangepast voor DOS65 door Fr. Vandekerkhove
;    nov. 1988
;
; file: Tracer.mac
;
; as Tracer.mac
; lo Tracer.bin
; go 500
;
; Werking:
; Dit programma loopt, instructie per instructie, door een
; ander te testen programma waarvan het startadres wordt
; opgegeven. Programma onderbrekingen zoals BRK, IRQ en NMI
; zijn niet toegelaten.
;
; Dit programma moet in RAM staan:
;  - de instructie met zijn operand, uit het test programma,
;    worden in een testveld (label 1b619, 1b61a en 1b61b)
;    geplaatst en gevuld door een geforceerde break. Hierdoor
;    (de BRK) wordt alles gesaved en uitgeprint. Dan wordt
;    de volgende instructie opgehaald, de bewaarde waarden
;    worden teruggezet en deze nieuwe instructie wordt
;    uitgevoerd. Bij het ophalen wordt nagegaan op speciale
;    instructies zoals JSR, RTI, RTS, JMP, JMP-IND. en
;    branches die een speciale behandeling krijgen.
;  - alle branch instructies, geplaatst op label "brtst"
;    krijgen een vaste offset van $03. Wordt er aan de
;    voorwaarde voldaan, dan berekent tracer de sprong en
;    voert die uit, ofwel gaat tracer gewoon verder in het
;    programma.
;
; Dit tracer programma begint op het adres $500. Het start-
; adres van het te testen programma wordt in een pointer
; ($00ED en $00EE) gezet. Deze pointer wordt gebruikt om de
; instructies in het testprogramma op te halen en kan als
; een pseude programma counter beschouwd worden.
;
; De volgende RAM-plaatsen zitten midden in het programma:
;    1b619: instructie veld
;    1b61a: operand
;    1b61b: idem
;    1b61c: 00, force a break
;
;    brtst: test field voor branches
;    brffs: vaste offset van $03
;
; De volgende RAM-plaatsen bevatten variabelen:
;
;    pnt en pnt+1: de pointer/pseudo prog. counter
```

```
;
;     1b713 status wordt hier uitgeschoven om uit te printen
;     1b714 stack pointer na beh. van een instr.
;     1b715 ?
;     1b716 lengte v/d instructie minus een (!) die afgeteld wordt bij het
;           uitprinten van de instructie na een break
;           of save stack-data bij stack printing
;     1b717 ?
;     1b718 instructie veld
;     1b719 operand
;     1b71a operand
;     1b71b accu na beh. van instr.
;     1b71c Y-reg
;     1b71d X-reg
;     1b71e instr. lengte om de programma teller te verhogen
;     1b71f ?
;     1b720 status na beh. van instructie
;     1b721 instr. lengte van pas gevonden instructie
;     1b722 ?
; P.S.: De namen van deze parameters komen overeen met hun
;       origineel adres in het oorspronkelijke programma;
;       bv.: "1b718" was in het originele programma een
;            RAMplaats ($0718) waar de instructie stond; in
;            programma wordt het instructie veld aangeduid
;            met "label 718".
;
; *** DOS65 2.01 subroutines ***
;
inecho  equ     $C026           get and put character
out     equ     $C023           put character
crlf    equ     $C02F           print cr and lf
spa     equ     $C032           print a space
hexout  equ     $C038           a hexout
print   equ     $C03B           print string after call
aschex  equ     $C03E           a ascii > hex
loupch  equ     $C041           a lower > upper
;
; *** variables ***
;
 org     $00ed
;
pnt     res     2               pseudo prog. counter/pointer
;
 org $0500
;
main    lda     #$00            reset the pointer
        sta     pnt
        sta     pnt+1
;
 jsr     print
        fcc     'Startaddress: $',0
;
1       jsr     inecho          wait for a input
        cmp     #$0d            cr ?
        beq     endst           end of input startaddress
        jsr     loupch
        jsr     aschex
        bcs     1.b             not a hex
        ldx     #$04
2       asla                    hex in low nibble > high nibble
        dex
        bne     2.b
        ldx     #$04
3       asla                    rotate hex in pointer
        rol     pnt
        rol     pnt+1
        dex
        bne     3.b
        beq     1.b
```

```
;
endst   jsr     print
        fcc     $0c                 clear creeen
        fcc     '6502 - tracer\r'
        fcc     'ADR. -INSTR.- :A :Y :X NV BDIZC STACK\r',0
;
 lda     #$00               clear ram from 1b713 untill 1b722
        ldy     #$0f
1       sta     1b713,y
        dey
        bne     1.b
;
 lda     #(irqrt&255)-1  overlay software interrupt routine
        sta     $e76e               intvec-16
        lda     #irqrt>>8
        sta     $e76f
;
 ldx     #$ff               clear stack
        txs
;
 jmp     newinst
;
;
; Na het initialiseren, het ophalen van de eerste instructie
; (en daarna na elke uitgevoerde instructie) volgt een
; geforceerde break, waardoor het programma in dit gedeelte
; komt. (En er nooit meer uitgeraakt, want het tracer
; programma volgt nu het test programma met al zijn
; subroutines ed.) Het tracer programma kan het beste
; onderbroken worden met ^C. (Control-C)
;
; *** irq routine after a break ***
;
;  door een brk worden de program counter en de status
;  op de stack bewaard.
;
irqrt   sta     1b71b               save accu
        pla                         get status from stack
        sta     1b720               and save it
        pla                         destroy old return address
        pla
        sty     1b71c               save y-reg
        stx     1b71d               save x-reg
        tsx                         get stack pointer
        stx     1b714               and save it
        cld                         set binair mode (could be changed !)
;
; print instructie met operand, dan accu, y-reg en x-reg.
;   (het adres, de pointer, wordt bij het ophalen van een
;   nieuwe instructie gedrukt.)
;
 ldy     #$03
1       lda     1b715,y             =1b718...
        jsr     hexout
2       jsr     spa
        iny
        cpy     #$06
        bcs     4.f
        lda     1b716               lengte van instructie minus een
        bne     3.f
        jsr     spa
        jsr     spa
        jmp     2.b
3       dec     1b716
4       cpy     #$09
        bne     1.b
;
 lda     1b720              get saved status
        and     #$cf                maak brk-flag 0
        sta     1b713               save it to shift it out
;
```

```
        ldx     #$08            print 8 bits of the status
1       asl     1b713           shift bit in carry
        bcc     2.f
        lda     #'1             carry set = print a 1
        bne     3.f             branch always
2       lda     #'.             carry clear = print a point
3       jsr     out
        dex
        bne     1.b             loop for 8 bits
;
 jsr     spa
;
 lda     1b714          get stack pointer
        jsr     hexout          and print it
        lda     #'-
        jsr     out             print a "-"
        tsx                     stack pointer in X-reg
        cpx     #$ff
        bcs     newinst         branch if stack is empty
        pla                     get data from stack
        sta     1b716           save it
        jsr     hexout
        cpx     #$fe
        bcs     1.f
        pla                     get next data from stack
        pha                     put it back
        jsr     hexout          and print it
1       lda     1b716           get previous data from the stack back
        pha                     and put it back on stack

newinst jsr     crlf

        lda     pnt+1           print pointer (ps.p.counter)
        jsr     hexout          and print it
        lda     pnt             get low byte
        jsr     hexout          and print it

        jsr     spa
;
; haal nieuwe instructie op en bepaal de lengte
;
 ldy     #$00
        lda     [pnt],y         get new instruction
        sty     1b61a
        sty     1b61b
        sty     0179
        sty     1b71a
        jsr     instl           bepaal de instructie lengte
        sty     1b71e           bewaar instr. l. om pnt te verhogen
        tya                     instr. l in accu
        sta     1b716
        dec     1b716           lengte minus 1
;
; zet nieuwe instr. met operand op 1b619/1b61a/1b61b en 1b718/1b719/1b71a
;
1       dey
        lda     [pnt],y         laad instructie/operand
        sta     1b619,y
        sta     1b718,y
        tya
        bne     1.b
;
; *** verhoog pseudo programma teller (pointer) ***
;
1       inc     pnt             verhoog pointer
        bne     2.f
        inc     pnt+1
2       dec     1b71e           verlaag lengte instructie
        bne     1.b
```

```
;
; *** filter sprongen uit ***
;
 lda     1b718           haal instr. uit test veld
        and     #$0f            heboud low nibble
        bne     tstjmp
        lda     1b718           haal opnieuw de instr.
        cmp     #$20            jsr ?
        beq     2.f             behamdel de jsr-instr.
        cmp     #$40            rti
        beq     3.f             behandel de rti-instr.
        cmp     #$60            rts ?
        beq     4.f             behandel de rts-instr.
        and     #$10            branch instr. ?
        bne     5.f             behandel branch-instr.

tstjmp  lda     1b718           haal de instr.
        cmp     #$4c            jmp ?
        beq     6.f             behandel de jmp-instr.
        cmp     #$6c            jmp ind. ?
        beq     7.f             brhandel de jmp ind.-instr.
;
; *** prepare for execution ***
;
prex    ldx     1b71d           get previous X-reg
        ldy     1b71c           get previous Y-reg
        lda     1b720           get previous status
        pha                         and put it on stack
        lda     1b71b           get previous accu
        plp                     status has now its previous value
;
; *** execute instruction, closed by a break ***
;
1b619   res     1               instructie veld
1b61a   res     1               operand/00 (brk)
1b61b   res     1               operand/00 (brk)
1b61c   fcc     0               00 (=brk)
;
; *** behandel de jsr-instr. ***

2       lda     pnt
        pha                     zet ps.p.cnt. op stack
        lda     pnt+1
        pha
        jmp     6.f             naar behandel de jmp-instr.

; *** behandel de rti-instr. ***

3       pla
        sta     1b720

; *** behandel de rts-instr. ***

4       pla
        sta     pnt+1
        pla
        sta     pnt
        jmp     9.f

; *** behandel de jmp-instr. ***

6       lda     1b61a           execute pseudo jmp or jsr
        sta     pnt               to the address given by
        lda     1b61b              the operand on the test field
        sta     pnt+1
```

```
; *** plaats een brk instr. op het test veld ***

9       lda     #$00
        sta     1b619
        jsr     crlf
        ldx     #$05
1       jsr     spa
        dex
        bne     1.b
        jmp     prex            prepare for execution

; *** behandel een jmp ind. ***

7       lda     1b61a           pointer uit het operand veld
        sta     pnt
        lda     1b61b
        sta     pnt+1
        ldy     #$00
        lda     [pnt],y         laad het ind. address
        tax                     bewaar even in x
        iny
        lda     [pnt],y
        sta     pnt+1           ind. address = nieuwe pr. teller
        txa
        sta     pnt
        jmp     9.b

; *** behandel een branch instr. ***

5       lda     1b720           get status
        pha                     to stack
        lda     1b718
        sta     brtst           zet branch test field
        plp                     status from stact to status

; *** execute branch instr. ***

brtst   res     1
brffs   fcc     $03             offset = 3

        jmp     1.f

; *** bereken relatieve sprongen ***
; indien een voorwaarde geldig is, wordt door de offset van $03
; na de te testen branch, steeds naar hier gesprongen.

        cli
        cld
        lda     1b61a           get the offset
        bmi     2.f             branch for neg. offset
        clc
        adc     pnt             add real offset to
        sta     pnt             pseude prog. counter
        bcc     1.f
        inc     pnt+1

1       lda     #$00
        sta     1b61a           00 in operand veld
        jmp     tstjmp

2       clc
        adc     pnt             add neg. offset to
        sta     pnt             pseude prog. counter
        bcs     1.b
        dec     pnt+1
        bcc     1.b             branch always
```

```
;
; *** bepaal instructie lengte ***
;
; instructie blijft onveranderd in accu
; na afloop bevat het Y-reg de instr. lengte
;
instl   ldy     #$01            lengte van brk,rti en rts is 1
        cmp     #$00            brk ?
        beq     1.f
        cmp     #$40            rti ?
        beq     1.f
        cmp     #$60            rts ?
        beq     1.f
        ldy     #$03            lengte van jmp is 3
        cmp     #$20
        beq     1.f
        and     #$1f            behoud enkel de vijf laagste bits
        cmp     #$19            inst. lengts is 3 ?
        beq     1.f
        and     #$0f            behoud low nibble
        tax                     low nibble als index
        ldy     ltbl,x          zoek op in lengte tabel
1       sty     lb721           bewaar de gevonden instr. lengte
        rts
;
ltbl    fcc     $02             instr. lenght = 2
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $01             instr. length = 1
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $01             instr. length = 1
        fcc     $01             instr. length = 1
        fcc     $02             instr. length = 2
        fcc     $01             instr. length = 1
        fcc     $01             instr. length = 1
        fcc     $03             instr. length = 3
        fcc     $03             instr. length = 3
        fcc     $03             instr. length = 3
        fcc     $03             instr. length = 3
;
lb713   res     1               to print status
lb714   res     1               stack pointer na beh. van een instr.
lb715   res     1               ?
lb716   res     1               instr. l. minus een (!) to print instr.
lb717   res     1               ?
lb718   res     1               instructie veld
lb719   res     1               operand
lb71a   res     1               operand
lb71b   res     1               accu na beh. van instr.
lb71c   res     1               Y-reg
lb71d   res     1               X-reg
lb71e   res     1               instr. l. to incr. prog. cnt
lb71f   res     1               ?
lb720   res     1               status na beh. van instructie
lb721   res     1               instr. lengte van pas gevonden instructie
lb722   res     1               ?
```

```
;
; Demo van J. Ruppert
;
 org     $0200
;
demo     LDA     #$03
         TAY
         TAX
         LDA     #$09
         STA     $00
         SED
1        CLC
         ADC     $00
         DEX
         BNE     1.b
         ROLA
         RORA
2        SEC
         SBC     $00
         DEY
         BNE     2.b
         SBC     $00
         CLD
         BEQ     3.f
3        BEQ     4.f
8        BEQ     5.f
                                  7       BEQ     6.f
                                  5       BEQ     7.b
                                  4       BEQ     8.b
                                  6       JSR     subr1
                                          SEC
                                          NOP
                                          JMP     9.f
                                          NOP
                                          NOP
                                  subr1   JSR     subr2
                                          RTS
                                  subr2   RTS
                                  9       JMP     subr3
                                          JMP     demo
                                  ;
                                          org     $02FC
                                  ;
                                  3       BCS     4.f
                                  1       BCS     2.f
                                  subr3   BCS     1.b
                                  2       BCS     3.b
                                  4       JMP     [vect]
                                  vect    fcc     $00
                                          fcc     $02
;
;
; Resultaat van de tracer met demo
;
; lo Tracer.bin
; go 500
; Startaddress: $200
;
; 6502 - tracer
; ADR. -INSTR.- :A :Y :X NV BDIZC STACK
;
; 0200 A9 03     03 00 00 ........ FF-
; 0202 A8        03 03 00 ........ FF-
; 0203 AA        03 03 03 ........ FF-
; 0204 A9 09     09 03 03 ........ FF-
; 0206 85 00     09 03 03 ........ FF-
; 0208 F8        09 03 03 ....1... FF-
; 0209 18        09 03 03 ....1... FF-
; 020A 65 00     18 03 03 ....1... FF-
; 020C CA        18 03 02 ....1... FF-
; 020D D0 FA     18 03 02 ....1... FF-
; 0209 18        18 03 02 ....1... FF-
; 020A 65 00     27 03 02 ....1... FF-
; 020C CA        27 03 01 ....1... FF-
; 020D D0 FA     27 03 01 ....1... FF-
; 0209 18        27 03 01 ....1... FF-
; 020A 65 00     36 03 01 ....1... FF-
; 020C CA        36 03 00 ....1.1. FF-
; 020D D0 FA     36 03 00 ....1.1. FF-
; 020F 2A        6C 03 00 ....1... FF-
; 0210 6A        36 03 00 ....1... FF-
; 0211 38        36 03 00 ....1..1 FF-
; 0212 E5 00     27 03 00 ....1..1 FF-
; 0214 88        27 02 00 ....1..1 FF-
; 0215 D0 FA     27 02 00 ....1..1 FF-
; 0211 38        27 02 00 ....1..1 FF-
; 0212 E5 00     18 02 00 ....1..1 FF-
; 0214 88        18 01 00 ....1..1 FF-
; 0215 D0 FA     18 01 00 ....1..1 FF-
; 0211 38        18 01 00 ....1..1 FF-
; 0212 E5 00     09 01 00 ....1..1 FF-
; 0214 88        09 00 00 ....1.11 FF-
; 0215 D0 FA     09 00 00 ....1.11 FF-
; 0217 E5 00     00 00 00 ....1.11 FF-
; 0219 D8        00 00 00 ......11 FF-
; 021A F0 00     00 00 00 ......11 FF-
; 021C F0 06     00 00 00 ......11 FF-
; 0224 F0 F8     00 00 00 ......11 FF-
; 021E F0 02     00 00 00 ......11 FF-
; 0222 F0 FC     00 00 00 ......11 FF-
; 0220 F0 04     00 00 00 ......11 FF-
; 0226
;              20 30 02 00 00 00 ......11 FD-0229
; 0230
;              20 34 02 00 00 00 ......11 FB-0233
; 0234
;              60        00 00 00 ......11 FD-0229
; 0233
;              60        00 00 00 ......11 FF-
; 0229 38        00 00 00 ......11 FF-
; 022A EA        00 00 00 ......11 FF-
; 022B
;              4C 35 02 00 00 00 ......11 FF-
; 0235
;              4C 00 03 00 00 00 ......11 FF-
; 0300 B0 FC     00 00 00 ......11 FF-
; 02FE B0 02     00 00 00 ......11 FF-
; 0302 B0 F8     00 00 00 ......11 FF-
; 02FC B0 06     00 00 00 ......11 FF-
; 0304
;              6C 07 03 00 00 00 ......11 FF-
; 0200 A9 03     03 00 00 .......1 FF-
; 0202 A8        03 03 00 .......1 FF-
; 0203 AA

; ^C
; $(DOS-prompt)
;
 end     main
```

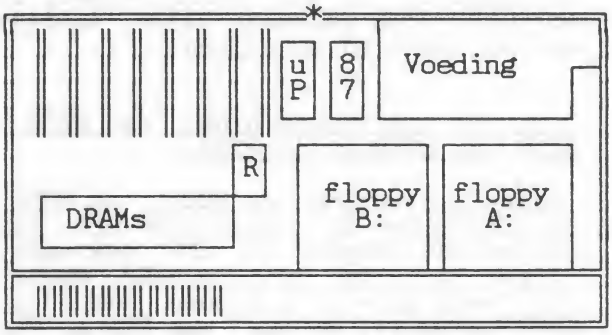
De IBM-PC en z'n klonen (Deel 3).

Door: Nico de Vries.

In het vorige deel kon een bescheiden uitleg gevonden worden over het hart van de IBM-PC(/XT): de intel 8088 CPU. We konden hierin lezen dat deze CPU een 8-bit CPU is (ondanks dat de meeste mensen vinden dat de PC(/XT) een 16-bit machine is) en dat de 8088 1 Mbyte geheugen kan adresseren. Daarnaast heeft de CPU de mogelijkheid om maximaal 64k aan I/O te adresseren, buiten de gewone geheugenmap om. Dit laatste is een typisch intel feature: bij de meeste andere populaire processoren van andere merken (w.o. de 6502) bevindt de I/O zich gewoon in de geheugenmap.
Met alleen een CPU heb je geen computer. Er moet van alles om heen: geheugen (liefst veel tegenwoordig) in de vorm van RAM en ROM, I/O onder andere bestaande uit video kaarten, diskcontrollers en RS-232 poorten en nog zo wat losse electronica. Hoe dit bij de PC/XT is georganiseerd komt in dit deel aan de orde.

3.1. Mechanische opbouw.

Als een PC(/XT) openmaakt, dan zie je het volgende:



Helemaal onderin de kast, links, ligt een relatief grote printplaat met een behoorlijke hoeveelheid IC's erop. Dit is het moederbord. Het moederbord neemt ongeveer 60% van het vloeroppervlak van de kast voor zijn rekening. Op het moederbord zit zoals te verwachten de 8088 CPU. In de tekening is plaats waar de CPU zich bevindt bij de meeste klonen aangegeven van de CPU met uP.
Naast de CPU is meestal een leeg 40-pins voetje gemonteerd, dat bedoeld is voor een extra processor: de 8087 floating point coprocessor (hierover later meer).
Midden op de moederbord bevinden zich meestal 2 of 6 voetjes voor ROMs. In echte IBMs zitten hier de ROMs met het BIOS (hierover later VEEEEL meer) en de Microsoft BASIC interpreter. Oude moederborden bezitten 6 voetjes waarvan 5 gevuld met 8kx8 ROMs, de nieuwere doen het met 2 voetjes: 1 voor het BIOS (8kx8) en 1 voor de BASIC interpreter (32kx8). De meeste klonen ontberen om copyright redenen de BASIC ROMs, en bezitten slechts een BIOS, die vrijwel altijd in EPROM zit. Wel hebben alle klonen de mogelijkheid om BASIC (EP)ROMS later toe te voegen. Het BIOS ROM bevindt zich bij de meeste mainboards op de plaats gemerkt met R.
Meer naar voren bevindt zich op het moederbord het RAM-geheugen, opgebouwd met dynamische RAMs of DRAMs. Afhankelijk van de ouderdom en herkomst kan het RAM zowel in grootte, als in samenstelling behoorlijk varieren. Alle machines bezitten pariteitscontrole op het RAM: reden waarom een PC steeds 9 stuks DRAMs per bank heeft (een AT, die immers echt 16 bits is uiteraard 18).
De eerst IBM PC bezat vier RAM banken, die afhankelijk van de kapitaalkracht van de koper al of niet gevuld waren. De kleinste machines waren 16 kbyte (echt waar!) en hadden 1 bank met 4116 DRAMs. Was het mainboard vol, dat zaten er 4 banken met 4116's in ofwel 64kbyte. Dergelijke PC's duiken soms op op de tweedehands markt. De volgende generatie mainboards was iets beter op dit punt: leverbaar met 64 kbyte (1 bank 4164's), 128 kbyte (2 banken) of 256 kbyte (4 banken, dus vol).
Wil je groter bij IBM, dan komt er een geheugenuitbreidingskaart aan te pas. Zo niet bij de latere generaties klonen: de meeste kunnen de maximale 640 kbyte RAM op het mainboard bergen door 2 banken 41256's en 2 banken 4164's. De laatste generatie XT-klonen heeft 2 banken met 41256's, en de laatste 128k wordt opgebouwd uit 4 stuks 41464 (64kx4) en twee stuks 4164 voor de pariteit.
Aan de achterzijde van het moederbord bevinden zich de uitbreidingsslots. In de oer-PC zaten 5 van deze slots, die zijn uitgevoerd als 62-polige card-edge connectors. De PC/XT en nagenoeg alle klonen hebben 8 slots. In deze slots kunnen allerlei kaarten gestoken worden, waardoor de machine aangepast kan worden aan het gebruiksdoel.
De achterkant van de kast wordt verder gevuld door de voeding, die altijd van het schakelende type is. De karakteristieke rode netschakelaar steekt aan de zijkant door een opening in de kast naar buiten. De voeding heeft in deze meeste gevallen een totaal uitgangsvermogen van 135 Watt. Vroege PC's van IBM hebben soms een 63 of 100 Watt voeding. Sommige moderne klonen bezitten een 150 Watt voeding, en dat terwijl de CMOS oprukt!
De rest van de kast wordt opgevuld door de disk drives. Echte IBM's hebben twee full height floppy drives of 1

floppy drive en een 10 of 20 Mbyte full height winchester. De meeste klonen hebben slim-line drives. Nagenoeg alle kasten hebben plaats voor twee full height, of 4 slim-line drives.
Tot zo ver de mechanische opbouw. We gaan nu eens verder kijken wat er zich nog meer op het moederbord bevindt.

3.2. Supportchips: de 8284 en de 8288.

De CPU kan zijn werk niet alleen doen. Hij heeft niet alleen geheugen nodig, maar ook een aantal besturingschips. Nu is intel op dat punt een rare fabrikant: voordat een 8088 kan werken komen er nog twee zogenaamde supportchips aan te pas: de 8288 bus controller en de 8284 clock generator. Naar onze maatstaven is dit raar: Bij bijna alle processors, dus ook de 6502, zijn deze zaken on-chip aanwezig. Maar goed.
De 8284 is de clock generator. Deze chip bevat een kristal oscillator die een timing generator aandrijft. Verder zit er een aansluiting op voor een externe clock, waardoor je met een TTL-signaal kunt omschakelen van de kristal oscillator naar de externe clock en terug. Dit is het geheim achter de omschakelbare clocksnelheid van de meeste zogenaamde Turbo-klonen. De kristal frequentie wordt in de 8284 door drie gedeeld, waarna de CPU-clock frequentie ontstaat. Originele IBM's lopen op een frequentie van 4.77 MHz, een op het eerste gezicht vreemde waarde. Dit zit zo:
De Amerikaanse kleurentelevisienorm heeft een kleurdraaggolffrequentie van 3.58 MHz. Op deze frequentie in het beeldsignaal wordt de kleurinformatie overgedragen. De PC kan worden uitgerust met een kleurenkaart (CGA kaart, zie later), die ook een signaal kan maken volgens de Amerikaanse kleuren-TV norm (NTSC). Dan heb je dus een frequentie nodig van 3.58 MHz. Om symmetrische golfvormen te verkrijgen, moet je zo'n signaal maken door een hogere frequentie te delen. De IBM-PC deelt door vier, ofwel de kristal-frequentie is 4 x 3.58 is 14.318 MHz. Zo'n kristal is dan ook op het moederbord te vinden: kijk maar eens in de buurt van de 8284, het enige 18-pins IC op het bord. Zoals gezegd deelt de 8284 de kristalfrequentie door drie zodat de CPU clockrate 14.318 / 3 is 4.77 MHz wordt. Er wordt nog verder gedeeld in de 8284. Ten behoeve van de I/O chips, die meestal niet zo snel zijn, wordt de CPU clock ook nog eens door 4 gedeeld, zodat er ook een signaal met een frequentie van 4.77 / 4 is 1.19 MHz ontstaat.
Turbo klonen hebben behalve het standaard kristal van 14.318 MHz ook nog een tweede kristal. Voor een 6.67 MHz turbo PC is dat dus een 20 MHz, voor 8 MHz turbo 24 MHz, en voor een 10 MHz een 30 kristal.

De laatste functie van de 8284 is de afwikkeling van de CPU cycles. De 8284 heeft hiervoor ingangen waarmee gemeld kan worden dat de huidige cycle kan worden afgemaakt. Heeft men langzaam geheugen, dan stelt men dit signaal eenvoudig 1 of meer clockcycli uit, waardoor de CPU gewoon blijft wachten. Deze cycli worden dan ook wachtcycli of wait-states genoemd. De PC(/XT) werkt zonder wait states in ROM, 1 wait state in DRAM en 2 wait states als er met I/O gewerkt wordt. Een ROM-cycle duurt dan de minimale 3 clockcycli, een RAM cycle 4 clockcycli en een I/O cyclus 5 clockcycli.
De tweede supportchip is de 8288 bus controller. Deze chip zorgt voor de generatie van de timing op de bus en zorgt ook voor signalen om de gemultiplexte adres- en databus van de CPU te de-multiplexen. Verder wekt de 8288 de signalen op voor MEMRD, MEMWR, IORD en IOWR (dus geheugen lezen, schrijven en I/O lezen en schrijven).

3.3. De periferiechips: de 8255, de 8253, de 8259 en de 8237.

Eigenlijk vormen de 8088, de 8284 en de 8288 samen de eigenlijke CPU. Naast ROM en RAM heeft de CPU ook verbindingen met de buitenwereld nodig om zijn werk zinvol te kunnen doen. Bij de 6502 bedienen we ons van PIA's, VIA's en ACIA's en nog wat van dat spul, bij de 8088 is het nauwelijks anders. Op het moederbord vinden we vier periferiechips uit de intel-stal:

8255 parallelle I/O chip
8253 timer chip
8259 interrupt controller
8237 DMA controller

Hierbij twee relatief onbekende begrippen: DMA controller en interrupt controller.
Een DMA controller is een soort miniatuur CPU, die direct het geheugen kan bereiken. Je kun hem gebruiken om bijvoorbeeld vanaf een diskcontroller rechtstreeks het geheugen te laden, zonder tussenkomst van de CPU. Omdat er maar 1 device tegelijkertijd de baas over de bus mag spelen, wordt de 8088 CPU in zo'n geval tijdelijk buitenspel gezet, via de stuurlijnen van de 8284. De DMA controller heeft een set registers aan boord waarin het geheugen adres en de hoeveelheid data wordt ingesteld. Ook zijn er registers voor het bestemmingsadres. De 8237 DMA controller heeft 4 kanalen, die ieder hun eigen set adresregisters hebben. De chip kan drie soorten DMA doen: van geheugen naar geheugen, van I/O adres naar geheugen en van geheugen naar I/O adres. Verder kan de 8237 niet alleen lezen en schrijven maar ook een verify (block compare) uitvoeren. In de

PC(/XT) wordt de DMA controller niet alleen 'normaal' gebruikt voor bijvoorbeeld disk I/O maar ook voor een bijzondere taak: de refresh van de dynamische RAMs. Dit gebeurt als volgt: 1 van de kanalen (kanaal 0) wordt ingesteld op een start source adres van 0, een count van $FFFF en een bestemmings adres van 0. Dat kanaal wordt vervolgens ingesteld op block move. Iedere keert als er nu een DMA-aanvraag voor dat kanaal binnenkomt, gebeurt er een block move vanaf adres 0 over een block van 64 kbyte. Weinig zinvol zou je zeggen maar dat is niet zo: omdat het volledige 64 kbyte blok wordt afgewerkt, ondergaan alle DRAM adressen een lees- en een schrijfoperatie. Slaat men het DRAM datasheet erop na, dan blijkt dat iedere locatie de gelezen wordt, automatisch gerefreshed is. Niet alle DRAMs in het systeem worden geactiveerd (alleen de eerste 64 kbyte), maar wel is het zo dat alle mogelijke RAS-adressen een keer gegenereerd worden en dat alle DRAMs ook werkelijk een RAS krijgen. Behalve snelheid en eenvoud levert dit nog een voordeel op: in plaats van 3 adressen (rij, kolom en refresh adres) hoeft men nu nog maar twee adressen te multiplexen: rij en kolom. Ook heeft deze methode als voordeel dat eventuele geheugen kaarten op de I/O bus automatisch mee-gerefreshed worden: ook deze kaarten genereren een complete set RAS-adressen.

De tweede voor ons vreemde chip is de 8259 interrupt controller. Net als de 6502 heeft de 8088 maar 1 echte interrupt aansluiting: de INTR-pin. Nu kun je, net als bij de 6502 gebruikelijk, alle interruptbronnen hierop aansluiten en bij een interrupt gaan uitzoeken wie er aan de bel heeft getrokken, maar het kan ook mooier, en daarvoor is de 8259 bedacht.

De 8259 heeft 1 uitgang, die verbonden is met de CPU INTR-pin. Verder zijn er acht ingangen, die IR0 tot en met IR7 heten. Op deze ingangen worden alle interruptbronnen aangesloten. Verder is de 8259 voorzien van een CS-pin en een databusaansluiting. Via deze weg kun je de chip programmeren.

Je kunt onder andere bepalen hoe de prioriteit van de acht ingangen is geregeld. In de PC(/XT) wordt dit zodanig ingesteld, dat IR0 de hoogste prioriteit heeft, en IR7 de laagste. Wordt meer dan 1 IR-lijn actief, dan zorgt de 8259 ervoor, dat de CPU keurig twee INTR's krijgt aangeboden in de volgorde van de ingestelde prioriteit. De tweede INTR volgt de eerste pas, nadat de 8259 is meegedeeld, dat de eerste interrupt is afgehandeld. Verder is het mogelijk een offset op te geven voor het vectornummer. Ho even... alweer iets nieuws!

Wat is dat: het vectornummer? Als de 8088 een INTR herkent start de processor een normale leescycle op de bus. De processor leest dan op D0-D7 van de databus het nummer van de interrupt die zojuist gegenereerd werd. Dit nummer is het vectornummer. Op deze manier kunnen we 256 verschillende vectoren onderscheiden. Officieel zijn de vectoren 0 t/m 1F gereserveerd voor de CPU zelf, en rest is voor de gebruiker. In 1 van de volgende delen zullen we zien dat IBM hier een vergissing mee heeft begaan....

De 8259 wordt bij de initialisatie ingesteld op een vectoroffset van 8. Dit betekent, dat wanneer de IR0-pin actief is, de 8088 eerst een INTR krijgt aangeboden waarna de 8259 het getal 8 op de databus zet bij de volgende leescyclus. De processor zet dat vervolgens vector nummer 8 in CS:IP gaat de interrupt servicen. In de interrupt routine wordt meestal als laatste aan de 8259 meegedeeld, dat de interrupt geserviced is door een End-Of-Interrupt (EOI) commando in het commando register te schrijven. Bij een IR-1 wordt het vectornummer dus 9, enzovoort.

De 8259 houdt intern in registers bij welke IR-pinnen er ge-enabled zijn, en welke interrupts er nog geserviced moeten worden en welke bezig zijn geserviced te worden. Verder is het mogelijk meerdere 8259's in cascade te schakelen, maar dit wordt in de PC(/XT) niet gebruikt (in de PC/AT wel).

Een overzichtje van de 8 hardware interrupts in de PC(/XT):

IRQ0/INT08: Systeem tijd
IRQ1/INT09: Toetsenbord
IRQ2/INT0A: Systeembus
IRQ3/INT0B: RS-232 poort II (COM2:)
IRQ4/INT0C: RS-232 poort I (COM1:)
IRQ5/INT0D: Printer II (LPT2:)
IRQ6/INT0E: Floppy disk controller
IRQ7/INT0F: Printer I (LPT1:)

Nu het bekendere werk: parallel I/O en timers (samen een VIA dus....).

De 8253 timer chip is de eenvoudigste van de periferiechips: hij zit in een 24 pins behuizing. De 8253 bevat drie 16-bit timers, die ongeveer dezelfde mogelijkheden hebben als een timer uit een 6522 VIA. Het enige verschil is dat de clock die bij de VIA naar keuze de CPU-clock (intern) of een externe clock kan zijn, bij de 8253 altijd extern is. In de PC(/XT) is hier het 1.19 MHz signaal uit de 8284 clock generator op aangesloten. Iedere timer heeft zijn eigen clockingang, die ook nog voorzien is van een enable-pin. De enables liggen allemaal aan de plus, waardoor de clock altijd wordt doorgelaten. Verder heeft iedere timer een uitgangspin, die hoog wordt als de timer afloopt.

In de PC(/XT) word alle timers gebruikt. Timer 0 is verantwoordelijk voor de systeemtijd. Hiertoe wordt de timer in periodieke 16-bit mode gezet,

met een maximale periodetijd: $FFFF. Het duurt dus 65536 maal 1/1.19 us = 55.07 ms voordat de timer afloopt. Of iets anders uitgedrukt: 1/55.07 of 18.2 maal per seconde loopt de timer af. De uitgang van de timer is verbonden met de IRQ0 aansluiting van de 8259 interrupt controller, waardoor het systeem 18.2 maal per seconde een interrupt krijgt van de hoogste prioriteit. In de interrupt service routine wordt een tellertje bijgehouden, dat na 24 uur automatisch op nul wordt gezet.

Timer 1 wordt op soortgelijke wijze gebruikt. De periodetijd van deze timer wordt ingesteld op 3.93 ms. De uitgang van deze timer is aangesloten op DMA kanaal nul, en stuurt de refresh van de dynamische RAMs: eens in de 3.93 ms gebeurt dit dus.

Timer 2 is aangesloten op de luidspreker van het systeem en wordt meestal gebruikt om tonen te maken voor piepjes. De aansluiting is niet rechtstreeks: er zit nog een poort tussen zodat je de luidspreker ook uit kunt schakelen. Hierdoor zijn er 3 mogelijkheden om geluid aan de PC te ontlokken:

- Poort open, via de timer
- Poort aan en uit, timer uit
- Beide tegelijk

Meestal wordt de eerste mogelijkheid gebruikt.

Er bestaat ook een versie van 8253 die hogere clock snelheden aankan: de 8254. Deze twee chips zijn over het algemeen gewoon uitwisselbaar omdat er zelden met clockfrequenties groter dan 2 MHz gewerkt wordt.

De laatste I/O chip is de 8255 parallelle I/O chip. Hij lijkt sterk op een PIA, zij het dat er niet twee, maar drie poorten op zitten.

Poort A is verbonden met een schuifregister, dat de inkomende data omzet van serieel naar parallel. Zijn er acht bits binnengekomen, dat genereert het schuifregister een IR1 of wel een INT09. U heeft het misschien al geraden: het schuifregister is verbonden met het toetsenbord. Het toetsenbord stuurt zijn informatie namelijk serieel naar de PC(/XT), en wekt zijn eigen clock op waarmee het schuifregister geclockt wordt. Is een compleet byte verzonden, dan volgt een interrupt, waarna poort A van de 8255 kan worden gelezen en het schuifregister gecleared wordt.

Poort B bevat een aantal stuurlijnen die op bitniveau gebruikt worden. Bits 0 en 1 worden gebruikt voor de luidspreker: met bit 0 kan timer 2 aan- en uitgezet worden, terwijl bit 1 de reeds genoemde poort bedient. Bit 2 werd in de oorspronkelijke PC gebruikt om de motor van de cassetterecorder voor dataopslag via een relais aan- en uit te zetten; in de PC/XT wordt het bit niet gebruikt. De meeste Turbo-klonen gebruiken dit bit om de CPU-clock om te schakelen van gewoon (4.77 MHz) naar Turbo, via de 8284 clock generator.

Bit 3 wordt gebruikt om een set van 4 schakelaartjes uit de set van 8 kiezen die gebruikt worden om de configuratie in te stellen. Met de bits 4 en 5 kunnen de flipflops die onthouden of er een parityfout in het geheugen op het moederbord of op de bus is getreden, worden gereset. De bits 6 en 7 tenslotte zijn verbonden met de keyboard interface, om het schuifregister te kunnen resetten.

Op poort C zitten de schakelaartjes die dienen om de configuratie in te stellen, aangesloten op bits 0 tot 3. Bit 3 van poort B bepaalt welke helft van de acht schakelaartjes wordt uitgelezen. Op bit 4 zit de luidspreker, zodat je ook de toestand van die lijn kunt uitlezen. Bit 5 is verbonden met de uitgang van de DMA controller, die aangeeft of de controller bezig is of niet. Bit 6 en 7 tenslotte zijn aangesloten op de uitgangen van de parityfout-flipflops. Hier kun je dus zien of een parityfout is geweest.

3.4 De volgende keer.....

Volgt het reeds in het vorige deel beloofde blokschema. Samen met de informatie uit dit deel krijgt u dan een goed beeld wat al die dingen op het moederbord van een PC betekenen. Verder in het volgende deel de indeling van zowel het geheugen als de I/O.

Tot de volgende keer.

Een Public Domain APL-implementatie.

Door Gert van Opbroek

Normaliter zullen (en kunnen) we in de uP Kenner weinig aankondigingen van nieuwe pakketten voor PC´s vermelden maar dit pakket is dermate interessant dat ik dit zeker onder de aandacht van de leden wil brengen.

Het betreft het pakket I-APL, een implementatie van de programmeertaal APL of **A** Programming Language, speciaal bedooeld voor onderwijs (Instruction) maar dermate krachtig dat het ook voor andere doeleinden geschikt zou kunnen zijn. Dit pakket is op internationaal initiatief ontwikkeld. Met de opzet en het ontwerp van het pakket is als eis gesteld dat I-APL moet kunnen draaien op goedkope machines in standaarduitvoering. Verder is het een volledige APL-implementatie en voldoet het aan de International Standards Organisation (ISO) standaard voor APL. Momenteel is I-APL beschikbaar voor de IBM-PC en daarmee compatible PC´s. Verder draaien er testversies op de deense Piccoline, de BCC8, de Archimedes, de Sinclair QL, de Amiga, de Commodore 64 en op Z80 onder CP/M.

I-APL is vrij kopieerbaar en de documentatie wordt tegen kostprijs verspreid. In Nederland wordt I-APL ondersteund door de projectgroep I-APL binnen de werkgroep APL van het Nederlands Genootschap voor Informatica. Deze projectgroep verzorgt ook de verspreiding van I-APL.

Wilt u I-APL voor uw PC ontvangen, dan kunt u deze bestellen door het overmaken van fl. 45,-- op postgiro 3446248 van APL werkgroep Nederland te Hengelo. U ontvangt dan een diskette en drie, voorlopig nog engelstalige, boeken: het Tutorial, het I-APL/PC Manual en de Encyclopedia.

Wat is APL?

APL is een programmeertaal net zoals bijvoorbeeld Basic, Pascal, Forth..... Het verschil met een gewone programmeertaal zit hem hierin dat de taal wiskundig geörienteerd is, je kunt er dus vrij gemakkelijk wiskundige berekeningen mee uitvoeren. APL gebruikt hiervoor ook de standaard wiskundige symbolen, kortom voor APL heb je toetsenborden met allerlei afwijkende symbolen. Verder gebruikt APL voor de vermigvuldiging de ´X´ in plaats van de ´*´ zoals de meeste andere programmeertalen, dus net zoals we het allemaal op de lagere school geleerd hebben.

Met APL kun je bewerkingen uitvoeren op gehele getallen, drijvende komma getallen en strings. Verder kun je ook één- en meer-dimensionale array´s (vectoren en matrices) maken waarmee je op dezelfde manier kunt rekenen. Zo kun je onder APL met de ´X´ niet allen twee getallen, maar ook twee matrices met elkaar vermigvuldigen. Voor de wiskundigen onder ons is verder interessant dat APL in- en uitproduct en inverses van matrices kan berekenen, kortom legio wiskundige mogelijkheden.

APL is een geïnterpreteerde taal wat wil zeggen dat een opdracht meteen uitgevoerd kan worden en er niet eerst een vertaalslag met behulp van een compiler nodig is. Dit houdt wel in, dat in vergelijking met een taal als C de uitvoering van een APL-opdracht langzaam is. De uitvoering is bij I-APL zelfs langzamer als bij Basic. bij commerciële APL-implementaties is dit niet zo, maar dit is het gevolg van de opzet van I-APL. Nu is de snelheid van uitvoering niet het enige dat telt. Ook de snelheid van ontwikkeling is van belang en eigenlijk moeten we de som van ontwikkel- en uitvoeringstijd bekijken. Op dit punt laat APL bij wiskundige problemen de overige programmeertalen ver achter zich. Het schrijven van een programma voor matrix-inverse in C koste me toch altijd nog een dag of twee; met APL is het intikken van één opdracht voldoende waarna de PC enkele seconden rekent.

Zelf heb ik het pakket onderhand ontvangen. Ik heb echter nog niet de tijd gehad hier uitgebreid mee te experimenteren. Als ik dit wel gedaan heb, en het me gelukt is de APL-tekens op de printer afgedrukt te krijgen, zal ik eens wat voorbeelden in APL in dit blad opnemen. Mocht u meer informatie willen hebben, dan kunt u uiteraard contact met mij opnemen waarna ik u verder zal proberen te helpen.

Noot: Is het misschien interessant samen met de I-APL projectgroep te onderzoeken of I-APL op DOS-65 en EC-65 kan lopen? Vrijwilligers kunnen zich bij mij opgeven waarna ik dat dan wil coördineren. Ik weet overigens niet of hiervoor mogelijkheden zijn, maar wie weet.

TECHNITRON TLP-12 LASER PRINTER
— U HEEFT EIGENLIJK GEEN ANDERE KEUZE!

- 12 pagina's per minuut (max.)
- tot 10.000 afdrukken per maand
- 8 ingebouwde lettertypes; 32 afdruk-combinaties
- unieke "FontMaker" service
- unieke "FormsMaker", formulier- en logo service
- 3 ingebouwde hardware-emulaties
- flexibele in- en uitvoer van papier

Technitron DATA

Technitron Data B.V.
Zwarteweg 110, Postbus 14,
1430 AA Aalsmeer
tel. 02977-22456
telefax 02977-40968
telex 13301

Vestigingen in:
BONDSREPUBLIEK DUITSLAND – DENEMARKEN – ENGELAND – FRANKRIJK – ITALIË – NOORWEGEN – VERENIGDE STATEN – ZWEDEN